

## BALIKLARDA SİNDİRİM ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN DIŞKI TOPLAMA YÖNTEMLERİ

Serap USTAOĞLU  
OMÜ, Sinop Su Ürünleri Fakültesi, Sinop

Murat YİĞİT  
ÇOMÜ, Su Ürünleri Fakültesi, Çanakkale

Geliş Tarihi: 17.02.2003

**ÖZET:** Hayvan beslemede kullanılan yemlerin randımanını ve kalitesini belirlemek açısından sindirilme oranlarının tespit edilmesi önemlidir. Karasal hayvanlarda sindirim çalışmalarında doğrudan ölçüm yöntemi kolaylıkla uygulanabilmesine rağmen, akuakültürdeki sindirim çalışmalarında balık ve dışkı aynı ortamda bulunduğundan, bu yöntem çeşitli zorluklara neden olmaktadır. Bu yüzden, akuakültürdeki sindirim çalışmalarında indirekt ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. İndirekt metodun kullanımında, dışkı toplama yöntemi büyük önem taşımaktadır. Su ortamındaki dışkı materyalinden besin maddelerinin suya sızması, elde edilecek sonuçları olumsuz etkileyebilmektedir. Bu derlemede, balıklarda sindirim çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilmiş olan dışkı toplama yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları ele alınmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Balıklarda sindirim çalışmaları, dışkı toplama yöntemleri

### FAECES COLLECTION METHODS USED IN DIGESTIBILITY EXPERIMENTS IN FISHES

**ABSTRACT:** Digestibility determination is a compulsory matter for the evaluation of the efficiency and quality of feeds in animal nutrition. The so called indirect method can be easily applied for digestibility determinations in terrestrial animals, however, this method causes several problems in digestibility experiments in aquaculture, as fish shares the same water environment with the faecal particles. Thus, an indirect method is being used in digestibility trials in aquaculture studies. It is essential to consider the way of collecting the faeces when using the indirect method. Leaching of nutrients from the faeces in the water column may have a negative effect on the results. In the present text, advantages and disadvantages of different faeces collecting methods, developed for digestibility trials in fish, have been reviewed.

**Key words:** Digestibility experiments in fish, faeces collection methods

#### 1.GİRİŞ

Besin maddesi sindirilme oranları, balık yemlerinde kullanılan çeşitli yem maddelerinin verimliliğinin belirlenmesinde ve karma yemlerin kalitesinin tespitinde kullanılan kriterlerden biridir (Choubert ve ark., 1979). Yem maddelerinin sindirilme oranları, enerji ve besin maddelerinin balık tarafından yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesi, büyüme ve üreme için kullanılabilirlik potansiyelini ifade eder. Sindirilme oranları aynı zamanda akuakültürde sindirilemeyen ve atık madde oluşturan besin maddelerinin düzeyinin belirlenmesinde de rol oynar (Cho, 1993).

Balıklarda protein ve enerji gereksinimleri balık türüne göre değişmektedir. Yemde çeşitli yem maddelerinin kullanımı ile balık türüne uygun optimum protein ve enerji dengesini oluşturmak mümkündür. Ancak, bir yemin protein-enerji dengesinin optimum olarak ayarlanması, bu yemin balık tarafından yüksek oranda değerlendirileceği anlamına gelmemektedir. Rasyona katılan yem maddelerinin iyi kalitede olması dolayısıyla sindirilebilirliğinin yüksek olması, protein ve enerji verimliliğinin artmasına yol açacaktır. Bu

nedenle, balığın ihtiyacını karşılayacak iyi kalitede yem hazırlayabilmek için yem maddelerinin sindirilme oranlarının belirlenmesi, başarılı üretim için büyük önem taşımaktadır (Cho ve Kaushik, 1990; Halver, 1989).

Karasal hayvanlarda besinlerin sindirilme oranları doğrudan ölçüm yöntemi (direkt yöntem) ile belirlenir. Bu yöntemde hayvanın aldığı yem ve çıkardığı dışkı miktarı tam olarak doğrudan ölçülebilmekte ve böylece besin maddesi sindirilme oranları gerçek anlamda tespit edilebilmektedir. Sucul canlılarda ise, balık, yem ve dışkı aynı su ortamında bulunduğundan, atılan dışkının ve yemeyen yemlerin kantitatif olarak eksiksiz toplanması oldukça zordur. Balıklarda sindirim çalışmalarında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, balık tarafından alınmayan yem partiküllerinin ortamdan uzaklaştırılması ve dışkının kayba uğramadan su ortamından alınmasıdır. Diğer bir deyişle, dışkı toplama yöntemi sonuçların gerçeği yansıttığında en önemli kriterdir (Nehring, 1963; Hopher, 1988; Lovell, 1989; Cho ve Kaushik, 1990; De Silva ve Anderson, 1995; Allan ve ark., 1999).

Bu derlemede, balıklarda sindirim çalışmalarında kullanılan çeşitli dışkı toplama

yöntemleri konusunda bilgi verilmekte olup söz konusu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları irdelenmektedir.

## 2. BALIKLARDA DIŞKI TOPLAMA YÖNTEMLERİ

Sucul canlılarda yem tüketiminin hesaplanması ve kantitatif olarak dışkı toplamadaki güçlükler nedeniyle, sindirim çalışmalarında genellikle yeme indikatör katılmaktadır. Dolaylı ölçüm yöntemi (indirekt yöntem) olarak adlandırılan bu yöntemde indikatör olarak çoğunlukla kromoksit ( $Cr_2O_3$ ) kullanılmakla birlikte (Nehring, 1963; Windell ve ark., 1978; Cho ve Slinger, 1979; Schwarz ve Kirchgessner, 1982; Hajen ve ark., 1993 a,b; Degani ve ark., 1997; Allan ve ark., 2000; Yiğit, 2001; Ustaoglu, 2001; Booth ve ark., 2001; Ustaoglu ve Rennert, 2002), lignin, çeşitli radyoaktif izotoplar ( $^{144}CE$  vb.) (Hepher, 1988), ham selüloz, polietilen, asitte çözünmeyen kül (Tacon ve Rodrigues, 1984), yttriumoksit (Storebakken ve ark., 1998), ytterbiumoksit (Refstie ve ark., 1998), titanyumoksit (Weatherup ve McCracken, 1998) ve baryumkarbonat (Riche ve ark., 1995) da kullanılmaktadır.

Besin maddelerinin sindirilme oranlarının indirekt yöntemle ölçülmesinin esası, “yemdeki indikatör / yemdeki besin maddesi” oranı ile “dışkıdaki besin maddesi / dışkıdaki indikatör” oranlarına dayanmaktadır. Bu yöntemin en büyük avantajı balık tarafından alınan yemin ve atılan dışkının kantitatif olarak belirlenmesi zorunluluğunun olmamasıdır (Choubert ve ark., 1979; Hepher, 1988; De Silva ve Anderson, 1995; Ishikawa ve ark., 1996).

İndirekt yöntemin uygulandığı sindirim çalışmalarında en önemli husus, analizler için yeterli miktarda dışkının su içinde çözünmeden ve yem ile bulaşmadan su ortamından uzaklaştırılmasıdır (Smith, 1979; De la Noüe ve Choubert, 1986). Günümüze kadar dışkı toplama amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmış olup, araştırmacılar tarafından en uygun yöntemin hangisi olduğu konusunda henüz fikir birliğine varılamamıştır. Her yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları olduğu bildirilmektedir (Windell ve ark., 1978; De la Noüe ve Choubert, 1986; Spyridakis ve ark., 1989; De Silva ve Anderson, 1995). En yaygın olarak kullanılan dışkı toplama yöntemleri şu şekilde sıralanabilir:

### Dışkının bağırsaktan alınması

**Sağım yöntemi:** Karın kısmına dışarıdan baskı uygulanarak son bağırsaktaki dışkının yaklaşık 1 cm'lik kısmı sağılır (Austreng, 1978; Windell ve ark., 1978; Spyridakis ve ark., 1989; Hajen ve ark., 1993a,b).

**Vakum yöntemi:** Şırınga ucuna takılan ince bir hortum vasıtasıyla son bağırsaktaki dışkı emilir (Windell ve ark., 1978; Spyridakis ve ark., 1989; Degani ve ark., 1997).

**Diseksiyon yöntemi:** Balık öldürüldükten sonra karın yarılarak bağırsak dışarı alınır ve son bağırsak kısmı kesilerek dışkı alınır (Austreng, 1978; Windell ve ark., 1978; Spyridakis ve ark., 1989; Hajen ve ark., 1993b).

### Dışkının sudan toplanması

**Sifon yöntemi:** Dışkı parçaları tank tabanından sifonlanarak toplanır (Austreng, 1978; Spyridakis ve ark., 1989; Fernandez ve ark., 1996; Yiğit, 2001).

**Süzme yöntemi:** Dışkı parçaları, tankın çıkış suyundan süzülerek toplanır (Windell ve ark., 1978; Cho ve Slinger, 1979; Choubert ve ark., 1979; Choubert ve ark., 1982).

**Guelph sistemi:** Tanktan akan su, içerisinde dışkıları süzen bir sistemin bulunduğu ikinci bir bölüme iletilir ve böylece dışkı sudan ayrılır (Cho ve Slinger, 1979; Hajen ve ark., 1993a; Sugiura ve ark., 1998).

**Otomatik dışkı toplama yöntemi:** Bu yöntemde dışkı parçaları, suyun otomatik olarak sürekli dönen bir platformdaki süzgeçler üzerinden akıtılmasıyla ayrılır ve su dışında biriktirilir (Choubert ve ark., 1982; Spyridakis ve ark., 1989; Brauge ve ark., 1995; Ustaoglu, 2001)

**Metabolizma cihazı:** Metabolizma cihazı ile hem dışkı hem de idrar ve solungaç atık ürünleri ayrı olarak toplanabilir ve ölçülebilir (Smith, 1971; Schmitz ve ark., 1983; Akyurt, 1993)

## 3. DIŞKI TOPLAMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Çeşitli dışkı toplama yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Örneğin Smith (1979), dışkının tank suyu filtre edilerek, bağırsaktan şırınga ile emilerek, bağırsaktan diseksiyonla ve metabolizma cihazı ile elde edildiği yöntemleri karşılaştırmıştır. Araştırmacı, dışkının bağırsaktan diseksiyon ve sudan filtre edilmesi yöntemleri ile elde edilen sonuçlar arasında önemli farklılıklar olabileceğine dikkat çekmiştir.

Spyridakis ve ark. (1989) tarafından levrek balıkları ile yapılan bir çalışmada, altı farklı dışkı toplama yöntemi (su ortamından sifonlama, bağırsaktan sağım, bağırsaktan diseksiyon, bağırsaktan şırınga ile emme, suyun sürekli filtrasyonu ve çöktürerek toplama) karşılaştırılmış ve levrek balığı için en uygun yöntemin tank suyunun devamlı filtre edilmesi yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır.

Bağırsaktan dışkının elde edilmesi durumunda dışkı, ya karına baskı uygulanarak

sağılmakta, ya son bağırsaktan şırınga ile emilmekte, ya da balık öldürüldükten sonra bağırsak açılarak dışarı alınmaktadır. Bağırsaktan sağım yönteminde balığın karın kısmına yapılan baskı, strese neden olduğundan aynı balığın tekrar kullanımında sonuçların stres yüzünden etkilenme ihtimali vardır. Her üç durumda da son bağırsaktaki dışkıya sindirilmemiş dışkı bölümünün katılma olasılığı büyüktür. Bunlara ilave olarak dışkı örnekleri cinsiyet ürünleri, barsak mukozası ve idrar gibi sonuçları etkileyebilecek materyaller de içerebilir. Diğer taraftan son bağırsaktan yaklaşık 1 cm'lik kısım dışarı alındığından, yeterli dışkı örneği elde edebilmek için oldukça fazla balık materyaline ihtiyaç vardır (Smith, 1979; Schwarz ve Kirchgessner, 1982; Hopher, 1988; Cho ve Kaushik, 1990).

Windell ve ark. (1978) ile Cho ve Slinger (1979) tarafından gökkuşuğu alabalığında kromoksit-indikatör yönteminin uygulandığı sindirim çalışmalarında, çeşitli dışkı toplama yöntemleri karşılaştırılmış ve bağırsaktan sağım yönteminde, diseksiyon yöntemine göre daha düşük sindirilmeme oranları tespit edilmiştir. Bu durum sağım sırasında, son bağırsaktan sağılan dışkı örneğinin henüz tam olarak sindirilmemiş bağırsak muhteviyatıyla karışmış olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Dışkı toplama yönteminin seçiminde deneme balığının türü de önemli rol oynar. Sazan, alabalık gibi balıkların morfolojik ve anatomik yapıları dolayısıyla sağım yöntemi kolaylıkla uygulanabilmesine rağmen mersin balıkları gibi vücut yapısı sağıma elverişli olmayan balıklarda bu yöntem uygun değildir. Mersin balıklarının morfolojik yapısı dolayısıyla sağım sırasında karın bölgesine oldukça kuvvetli bir baskı uygulamak gerekeceğinden, bu durum strese sebep olacağı gibi iç organların zarar görme ihtimali de söz konusudur. Diğer taraftan, bağırsaktan diseksiyonla dışkı alımı yöntemi gibi çok sayıda balığın öldürülmesini gerektiren yöntemler, nesilleri tükenme tehlikesinde olduğundan koruma altında olan balıklarda (örneğin mersin balıkları) etik açısından uygulanmaması gereken yöntemlerdir (Ustaoglu, 2001).

Su ortamından dışkı örneklerinin toplanması durumunda dikkat edilmesi gereken en önemli husus, dışkının hızlı bir şekilde ve parçalanmadan su ortamından uzaklaştırılmasıdır. Bu işlem, dışkıda bulunan suda çözünür maddelerin kaybını, dolayısıyla hatalı sonuç elde etme olasılığını önlemek bakımından çok önemlidir (De Silva ve Anderson, 1995).

Spannhof ve Kühne (1977), dışkının su ortamında yaklaşık 3 saat bekledikten sonra kuru

madde, organik madde ve ham proteinin sindirilmeme oranlarında yaklaşık % 5 oranında artış olduğunu, ham yağın sindirilmeme oranının ise değişmediğini bildirmiştir. Bu durum, dışkının çözünür kısımlarının su içerisinde çözünmesine ve böylece indikatör konsantrasyonunun artmasına dayandırılmaktadır.

Windell ve ark. (1978)'nin yapmış olduğu karşılaştırmalı çalışmada, ağ kepçe ile dışkı toplama yönteminde elde edilen sindirilmeme oranları, bağırsaktan direkt dışkı alım yöntemine göre % 5 daha yüksek olarak bulunmuştur. İlk yöntemde dışkı bırakıldıktan sonraki bir saat içinde dışkıdaki çözünme ve kayıpların yüksek olduğu ve maksimum kaybın ilk 10 dakikada gerçekleştiği bildirilmektedir. Bu durum özellikle ham proteinin sindirilmeme oranının yüksek bulunmasına sebep olmaktadır.

Spyridakis ve ark. (1989), tank suyunun filtrasyonu ve sifon yönteminin kullanıldığı çalışmada, protein sindirilmeme oranını sırasıyla % 90,4 ve % 90,6 bulurken, bağırsaktan diseksiyonla ve şırınga ile dışkı elde edilmesi yöntemlerinde protein sindirilmeme oranını % 84,4 ve % 86,6 ile önemli oranda düşük bulmuştur.

Balıklarda sindirim çalışmalarında kullanılan diğer bir yöntem ise, fekal (dışkı, idrar) veya fekal olmayan (solungaç yoluyla) atıkların ayrı toplanabilmesi için gerekli ekipmanla donatılmış metabolizma cihazlarıdır. Balıklar için ilk metabolizma cihazı Post ve ark. (1965) tarafından geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bu yöntemde balık dar bir ortamda tutulur ve belli miktarda yemle zorunlu yemlenir. Yemleme sırasında balık bayıltılır ve yem partikülleri ağız kısmından itilerek mideye inmesi sağlanır (Smith, 1979). Yalnızca besin maddelerinin sindirilmeme oranları değil metabolik enerjinin de hesaplanabilir olması bu yöntemin avantajlı yönüdür (NRC, 1993). Sudaki çözünmüş maddelerin (özellikle azotlu atıklar) miktarları tam olarak belirlenebildiği için, özellikle dışkının suyla teması sırasında oluşabilecek kayıplardan kaynaklanacak hatalar önlenmiş olur. Ancak bu yöntemin uygulanması sırasında balık, dar bir ortamda, hareketi en aza indirgenerek tutulduğundan ve zorunlu yemleme yapıldığından strese maruz kalmaktadır. Bu durumda metabolizmanın olumsuz etkilenme riski çok büyüktür. Dolayısıyla, bu yöntemle elde edilen verilerin, normal ortamdaki balıklar için genelleştirilebilirliği konusunda şüpheler vardır (Henrichfreise, 1989; NRC, 1993).

Çizelge 1'de kromoksit (Cr2O3) katılmış ve protein kaynağı olarak ringa unu içeren emlerle beslenen gökkuşuğu alabalıklarından, çeşitli yöntemlerle elde edilen dışkı örneklerindeki kuru madde, ham protein ve ham yağın görünür.

Çizelge 1. Farklı Dışkı Toplama Yöntemlerine Göre Gökkuşuğu Alabalığında Ringa Ununun Görünür Sindirilme Oranları (Cho ve Kaushik, 1990)

Dışkı toplama yöntemi	Ringa ununda protein (%)	Sindirilme oranı (%)		
		Kuru madde	Ham protein	Ham yağ
Metabolizma cihazı	75.8	-	86.7	-
Bağırsaktan diseksiyonla	67.9	80.3	90.2	96.7
Bağırsaktan vakumla	67.9	79.1	90.4	97.4
Kepçe ile sudan toplama	67.9	84.4	94.6	96.8
Bağırsaktan sağım	67.9	73.3	77.5	62.2
Guelph sistemi	66.7	80.2	91.0	97.3

sindirilme oranları verilmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi, dışkının suyla temas ettiği dışkı toplama yöntemlerinde (kepçe ile veya Guelph sistemiyle toplama) ham proteinin sindirilme oranı daha yüksek bulunurken, ham yağın sindirilme oranında farklılık tespit edilmemiştir (Cho ve Kaushik, 1990).

Balıklarda sindirim çalışmalarında dışkı toplama işlemindeki zorluklar dikkate alınarak çeşitli araştırmacılar tarafından dışkı toplama aletleri geliştirilmeye çalışılmıştır (Choubert ve ark., 1979; Choubert ve ark., 1982). Choubert ve ark. (1979), dışkıyı sürekli dönen bir platformdaki süzgeçlerle sudan ayıran ve su dışında toplanmasını sağlayan otomatik bir düzenek geliştirmişlerdir. Bu düzenekte, tanktan suyu süzgeçler üzerine akıtan borunun süzgeçlerle olan mesafesinin 11 cm olması sebebiyle, süzgeç üzerine düşen dışkı partiküllerinin suyun akışı sırasında parçalanması ve kayba uğraması problem yaratmıştır. Bu yöntemde toplam dışkının % 6-8'inin kayba uğradığı bildirilmiştir (Choubert ve ark., 1982).

Choubert ve ark. (1982) tarafından geliştirilen düzenekte ise, suyun süzgeçler üzerine düşüş yüksekliği 1 cm'ye indirilmiş ve böylece dışkı partikülleri önemli bir kayba uğramadan 6-15 saniye gibi kısa bir sürede sudan uzaklaştırılabilmiştir. Tanktan uzaklaştırılan dışkının toplandığı kaptaki bekleme süresi sırasında içerik açısından herhangi bir kayba uğramaması için bekleme kabının altına soğutma düzeneği de yerleştirilmiştir. Bu cihaz, alabalık ve sazanlarda kullanılmak üzere geliştirilmiş olmasına rağmen, mersin balıkları (Ustaoglu, 2001; Ustaoglu ve Rennert, 2002), tilapia (Yeshak, 2001) ve levrek (Spyridakis ve ark., 1989) gibi diğer bazı balık türlerinde de başarıyla kullanılmıştır.

#### 4. SONUÇ

Sindirim işleminin kantitatif olarak tanımlanması şeklinde ifade edilebilen sindirilme oranlarının belirlenmesi, balık türüne göre uygun yemlerin hazırlanmasında son derece önemli konulardan biri olarak karşımıza

çıkılmaktadır. Balık tarafından tüketilen besinler nihayetinde metabolik faaliyetler için kullanılacak, yeni doku oluşumunda (büyüme) değerlendirilecek veya atık madde olarak boşaltılacaktır. Rasyon oluştururken, balık türüne göre gereksinim duyulan protein, yağ ve karbonhidrat oranlarını karşılayabilmek için kullanılacak yem maddelerinin belirlenmesinde kuşkusuz maliyet ve sindirilme oranları göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu bağlamda, yem maddelerinin sindirilme oranlarının belirlenmesi işlemlerinde doğru ve güvenilir sonuçların alınabilmesi, uygulanan yöntem ile sıkı ilişki içerisinde.

Balıklarda sindirim çalışmalarında dışkı toplama yöntemi belirlenirken balık türü de dikkate alınarak en uygun yöntem seçilmelidir. Farklı çalışmalarda elde edilen sonuçlar karşılaştırılırken ise, dışkı toplama yönteminin sonuçlar üzerindeki olası etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

#### 5. KAYNAKLAR

- Akyurt, İ., 1993. Balık Besleme. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 156: 220 s.
- Allan, G.L., Rowland, S.J., Parkinson, S., Stone, D.A.J., Jantrarotai, W., 1999. Nutrient digestibility for juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus*: development of methods. *Aquaculture* 170: 131-145.
- Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A.J., Rowland, S.J., Frances, J., Warner-Smith, R., 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch. *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture* 186: 293-310.
- Austreng, E., 1978. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture*, 13: 265-272.
- Booth, M.A., Allan, G.L., Scott Parkinson, J.F., 2001. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch. *Bidyanus bidyanus* IV. Effects of dehulling and protein concentration on digestibility of grain legumes. *Aquaculture* 196: 67-85.
- Brauge, C., Corraze, G., Medale, F., 1995. Effect of dietary levels of lipid and carbohydrate on growth

- performance, body composition, nitrogen excretion and plasma glucose levels in rainbow trout reared at 8 or 18°C. *Reprod. Nutr. Dev.* 35: 277-290.
- Cho, C.Y.. 1993. Digestibility of feedstuffs as a major factor in aquaculture waste management. *Fish Nutrition in Practice*. Biarritz (France). June 24-27. 1991. Ed. INRA. Paris.: 365-389.
- Cho, C.Y., Slinger, S.J.. 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. *Finfish nutrition and fish feed technology II*: 239-247.
- Cho, C.Y., Kaushik, S.J.. 1990. Nutritional energetics in fish: Energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *World Rev. Nutr. Diet.* Basel. Karger 61: 132-172.
- Choubert, G., De La Noüe, J., Luquet, P.. 1979. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. *Progressive Fish Culturist* 41: 64-67.
- Choubert, G., De La Noüe, J., Luquet, P.. 1982. Digestibility in fish: Improved device for the automatic collection of feces. *Aquaculture* 29: 185-189.
- Degani, G., Viola, S., Yehuda, Y.. 1997. Apparent digestibility coefficient of protein sources for carp, *Cyprinus carpio* L.. *Aquaculture Research*. 28:23-28.
- De la Noüe, J., Choubert, G.. 1986. Digestibility in rainbow trout: Comparison of the direct and indirect methods of measurement. *The Progressive Fish-Culturist* 48: 190-195.
- De Silva, S.S., Anderson, T.A.. 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman & Hall, London.
- Fernandez, F., Miquel, A.G., Cumplida, L.R., Guinea, J., Ros, E.. 1996. Comparison of faecal collection methods for digestibility determinations in gilthead sea bream. *Journal of Fish Biology*. 49: 735-738.
- Hajen, W.E., Higgs, D.A., Beames, R.M., Dosanjh, B.S.. 1993a. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 1. Validation of technique. *Aquaculture* 112: 321-332.
- Hajen, W.E., Beames, R.M., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S.. 1993b. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. *Aquaculture* 112: 333-348.
- Halver, J.E.. 1989. *Fish Nutrition*. Academic Press, Inc., Second Edition: 798 s.
- Henrichfreise, B.. 1989. Bewertung von aufgeschlossenem Getreide und hydrolysiertem Federmehl in der Ernährung von Regenbogenforellen. Dissertation. Institut für Tierernaehrung der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universitaet zu Bonn.
- Hepher, B.. 1988. *Nutrition of pond fishes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ishikawa, M., Teshima, S., Kanazawa, A., Koshio, S.. 1996. Evacuation of inert markers in digestibility determination. 5 $\alpha$ -Cholestane and chromic oxide, in Prawn *Penaeus japonicus*. *Fisheries Science* 62: 229-234.
- Lovell, T.. 1989. *Nutrition und Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold, New York. 260 s.
- NRC (National Research Council). 1993. *Nutrient requirements of fish*. National Academy Press, Washington, DC.
- Nehring, D.. 1963. Verdauungsversuche an Fischen nach der Chromoxid-Indikatormethode. *Z. für Fischerei und deren Hilfswissenschaften*. NF 11: 769-777.
- Post, G., Shanks, W.E., Smith, R.R.. 1965. A method for collecting metabolic excretions from fish. *Prog. Fish-Cult.* 27: 108-111.
- Refstie, S., Storebakken, T., Roem, A.J.. 1998. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. *Aquaculture* 162: 301-312.
- Riche, M., White, M.R., Brown, P.B.. 1995. Barium carbonate as an alternative indicator to chromic oxide for use in digestibility experiments with rainbow trout. *Nutrition Research* 15. 9: 1323-1331.
- Schmitz, O., Greuel, E., Pfeffer, E.. 1983. A method for determining digestibility of nutrients in eels (*Anguilla anguilla*, L.). *Aquaculture*. 32:71-78.
- Schwarz, F.J., Kirchgessner, M.. 1982. Zur Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit beim Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) 1. Mitteilung: Aquarienaufbau und Versuchsmethodik. *Bayer. Landwirtschaft. Jahrb.* 59: 79-84.
- Smith, R.R.. 1971. A method for measuring digestibility and metabolizable energy of fish feeds. *Prog. Fish. Cult.* 33: 132-134.
- Smith, R.R.. 1979. Methods for determination of digestibility and metabolizable energy of feedstuffs for finfish. *Finfish nutrition and fish feed technology II*. 453-459.
- Spannhof, L., Kühne, H.. 1977. Untersuchungen zur Verwertung verschiedener Futtermischungen durch europäische Aale (*Anguilla anguilla*). *Arch. Tierernährung*. Bd.27.H.8:517-531.
- Spyridakis, P., Metailler, R., Gabaudan, J., Riaza, A.. 1989. Studies on Nutrient Digestibility in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) 1. Methodological Aspects Concerning Faeces Collection. *Aquaculture*. 77:61-70.
- Storebakken, T., Kvien, I.S., Shearer, K.D., Grisdale-Helland, B., Helland, S.J., Berge, G.M.. 1998. The apparent digestibility of diest containing fish meal, soybean meal or bacterial meal fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*): evaluation of different faecal collection methods. *Aquaculture* 169: 195-210.
- Sugiura, S.H., Dong, F.M., Hardy, R.W.. 1998. Effects of dietary supplements on the availability of minerals in fish meal; preliminary observations. *Aquaculture*. 160:283-303.
- Tacon, A.G.J., Rodrigues, A.M.P.. 1984. Comparison of chromic oxide, crude fiber, polyethylene and acid-insoluble ash as dietary markers for the estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout. *Aquaculture* 43: 391-399.

- Ustaoglu, S.. 2001. Untersuchungen zur Haltungs- und Ernahrungsoptimierung von Sterlets (*Acipenser ruthenus*) – unter besonderer Berücksichtigung der Haltungstemperatur und Nutzung alternativer Proteinquellen. Ichthyos Verlag. Berlin. Norderstedt. BoD. Doktora Tezi (ISBN: 3-8311-2514-7).
- Ustaoglu, S., Rennert, B.. 2002. The apparent nutrient digestibility of diets containing fish meal or isolated soy protein in sterlet (*Acipenser ruthenus*). International Revue of Hydrobiology 87: 577-584.
- Weatherup, R.N., McCracken, K.J.. 1998. Comparison of estimates of digestibility of two diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), using two markers and two methods of faeces collection. Aquaculture Research 29: 527-533.
- Windell, J.T., Foltz, J.W., Sarakon, J.A.. 1978. Effect of size, temperature and amount fed on nutrient digestibility of a pelleted diet by rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Trans.Am.Fish.Soc.,107 (4): 613-616.
- Yiğit, M.. 2001. Farklı Protein ve Enerji Oranlarının Japon Pisi Balığı (*Paralichthys olivaceus*) Yavrularında Gelişme, Balık Vücudunun Kimyasal Yapısı, Nitrojen Boşaltımı ve Yemlerin Sindirilme Oranı Üzerine Etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Samsun.
- Yeshak, M.. 2001. Investigations on food digestibility in *Oreochromis niloticus*. Dissertation. Landwirtschaftlich-Gaertnerische Fakultät zu Berlin.