



Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Kullanılan Yemlerin Sindirilebilirliği Üzerine Yapılan Çalışmalar

¹Dr. Gül Çelik ÇAKIROĞULLARI
²Prof. Dr. Selçuk SEÇER

¹Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Ulusal Gıda Referans Laboratuvarı
²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü

Özet

Sindirilebilirlik; sindirim işlemlerinin bir ölçümüdür. Hayvana verilen yemin ve besin maddesi bileşenlerinin ne kadarının sindirildiğini ve absorbe edildiğini tespit etmek için kullanılan bir yöntemdir.

Total ve/veya kuru madde sindirilebilirliği komple rasyon ve/veya bileşenin sindirilebilirlik derecesini belirler. Besin maddesi sindirilebilirliği ise rasyona veya bileşene ait protein, lipid, aminoasit veya karbonhidrat gibi spesifik besin maddelerinin sindirilebilirliğini belirler.

Su ürünleri yetiştiriciliği açısından değerlendirilecek olursa; sindirilebilirliğe ilişkin bilgiler doğrultusunda sindirilebilirliğin fizyolojiye dayalı ve fizyoloji tarafından belirleniyor olmasına karşın; sindirilebilirliğin değerlendirildiği metodlar kültürü yapılan türler açısından yaş, ağırlık, cinsiyet, stoklama yoğunluğu, yemleme zamanı ve frekansı, yem kalitesi ve miktarı gibi bilgiler sindirim fizyolojisine ilişkin bilgilerden daha önemlidir.

Anahtar kelimeler: Balık besleme, sindirilebilirlik, krom oksit, su ürünleri yetiştiriciliği, yem

1. GİRİŞ

Sindirilebilirlik; sindirim işlemlerinin bir ölçümüdür. Hayvana verilen yemin ve besin maddesi bileşenlerinin ne kadarının sindirildiğini ve absorbe edildiğini tespit etmek için kullanılan bir yöntemdir. Total ve/veya kuru madde sindirilebilirliği komple rasyon ve/veya bileşenin sindirilebilirlik derecesini belirler. Besin maddesi sindirilebilirliği ise rasyona veya bileşene ait protein, lipid, aminoasit veya karbonhidrat gibi spesifik besin maddelerinin sindirilebilirliğini belirler.

Su ürünleri yetiştiriciliği açısından değerlendirilecek olursa; sindirilebilirliğe ilişkin bilgiler doğrultusunda sindirilebilirliğin fizyolojiye dayalı ve fizyoloji tarafından belirleniyor olmasına karşın; sindirilebilirliğin değerlendirildiği metodlar kültürü yapılan türler açısından yaş, ağırlık, cinsiyet, stoklama yoğunluğu, yemleme zamanı ve frekansı, yem kalitesi ve miktarı gibi bilgiler sindirim fizyolojisine ilişkin bilgilerden daha önemlidir.

Tüketilen yemin yalnızca bir kısmı sindirilir ve besin maddeleri absorbe edilir. Geri kalan kısmı ise dışkı olarak boşaltılır ve belki dışkının bir kısmı küçük miktarlarda endojen enzimler ve mukus membranı hatta bazı nitrojenli boşaltım ürünleri ile kontamine olabilir. Bir organizmanın yetiştiriciliği yapılırken kullanılan rasyonun etkin olabilmesi için kültürü yapılan organizma tarafından iyi derecede asimile edilmesi gerekmektedir. Rasyonun organizmanın besin madde ihtiyaçlarını karşılıyor olması yeterli değildir. Besin maddeleri yönünden dengeli olan bir rasyon eğer kolayca ve etkili bir şekilde sindirilebiliyor ve kullanılabiliriyorsa iyi bir rasyon olarak değerlendirilir. Bir rasyonun sindirilebilirliği rasyonda kullanılan bileşenlerin yapısına, tipine ve ürünün en son fiziksel formuna (sertliğine, lezzetliliğine, sudaki stabilitesine) bağlı olarak değişir.

2. SİNDİRİLEBİLİRLİK ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Sarı kuyruk balıklarında (*Seriola quinqueradiata*) farklı oranlarda nişasta içeren yemlerle beslemenin protein sindirilebilirliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Dondurulmuş balık unu proteinin balık unu proteinlerinden daha yüksek sindirilebilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Azalan protein sindirilebilirliği rasyonda artan nişasta miktarına bağlanmıştır ve belirgin en düşük değer balık unu ve nişasta kombinasyonu ile elde edilmiştir. Diğer taraftan nişastanın sindirilebilirliği de tespit edilerek oldukça düşük değerler bulunmuştur[1].

21 mg.'lık tilapya (*Sarotherodon niloticus*) yavrularında rasyondaki protein seviyesi ve tuzluluğun günlük olarak besin maddelerinin sindirilebilirlik değerleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Rasyonların protein içeriği %9.6'dan %30.4'e kadar değişmektedir. Tuzluluk seviyeleri ise %0, %0.5 ve %1'dir. Besin maddelerinin sindirilebilirliği üzerine dışkılardan gece veya gündüz toplanmış olmasının bir etkisi yoktur. Total sindirilebilirlik (kuru madde sindirilebilirliği) %56.7-69.1, protein sindirilebilirliği %71.7-87.1, enerji sindirilebilirliği ise %73.6-83.9 arasında değişmektedir. Rasyondaki protein içeriğinin %9.6'dan %30.4'e kadar değişmesi ile kuru maddenin sindirilebilirliğinde düşüş gözlenmiştir. Bu konuya ilişkin değişik görüşler vardır: rasyondaki protein seviyesi total sindirilebilirliği etkilemektedir veya rasyondaki dekstrin seviyesi de aynı etkiyi yaratabilmektedir[2]. *S.mossambicus* juvenillerinde protein sindirilebilirliğinin rasyondaki protein içeriğinden etkilenmediğini belirtilirken alabalıkta total sindirilebilirliğin artan karbonhidrat ve düşük protein seviyeleri ile düşüş gösterdiğini tespit edilmiştir. Tuzluluğun sindirilebi-

lirlik üzerine bir etkisi olmamıştır[2].

170-230 gr. arasında değişen yılan balıklarında (*Anguilla anguilla*) jelatin kapsüller şeklinde hazırlanmış yemlerin ham protein ve organik madde sindirilebilirlik değerleri saptanmıştır. Ham protein ve organik madde sindirilebilirlikleri sırasıyla kazein-0.99, 0.98; jelatin-0.94, 0.94; balık unu-0.94, 0.87; bakteriyel protein-0.89, 0.88; konsantre soya proteini-0.96, 0.76; soya fasulyesi unu-0.94, 0.68'dir. Protein yapısında olmayan organik maddenin sindirilebilirliği soya ürünlerinin kullanımını kısıtlamaktadır[3].

165-180 gr. ağırlığında gökkuşuğu alabalıkları (*Salmo gairdneri*) ile yürütülen bir çalışmada Cr_2O_3 , polietilen ve asitte çözülmeyen kül gibi eksternal rasyonel markalayıcılar ile ham lif gibi doğal internal rasyonel markalayıcının saptanabilir sindirilebilirlik değerleri üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır. Her bir eksternal markalayıcı rasyona 3 ayrı seviyede (%0.5, %1 ve %2) katılmıştır. Dışkılardan elde edilen sonuçlar diğer maddelerden elde edilen sonuçlardan daha yüksektir. %2 oranında Cr_2O_3 kullanıldığında diğer oranlar ile (%0.5 ve %1) elde edilen değerlerden daha yüksek değerler elde edilmiş bu durumda Cr_2O_3 'ün %2 uygulama seviyesinde gastrointestinal bölgeden sindirime bağlı olarak daha hızlı oranda geçtiği görüşünü ortaya atmıştır. Dolayısıyla Cr_2O_3 'ün ≤ %1 oranında kullanılması önerilir[4].

Benekli yayın balıklarında (*Ictalurus punctatus*) çeşitli yem hammaddelerinin protein ve aminoasit sindirilebilirlik değerlerini araştırmışlardır. Hayvansal proteinlerin sindirilebilirliği bitkisel proteinlere nazaran daha yüksek olduğu ayrıca protein sindirilebilirliğinin her zaman için esansiyel aminoasitlerin sindirilebilirliğini yansıtmadığını da belirtmişlerdir [5].

Sazan balıklarında (*Cyprinus carpio*) 23 farklı yemde ham besin maddelerinin sindirilebilirliği ve bu yemlerin enerji içeriklerinin tahmini üzerine çalışmışlardır. Yemlerde kullanılan en önemli protein bileşenleri; balık unu, kan unu, et kemik unu, hidrolize tüy unu, patates proteini, mısır gluteni, bira mayası, soya fasulyesi ve keten tohumu ekstrakte unu ve baklagiller (fasulye, acı bakla, bezelye) olup karbonhidrat kaynakları tahıllar (buğday, arpa, yulaf, mısır), un sanayi yan ürünleri, nişastalar (mısır ve patates nişastaları) ve ayçiçeği tohumu unudur. Organik madde ve enerjinin ortalama olarak %72-74'ü sindirilirken, ham protein ve ham yağ ortalama %83 değeri ile daha iyi oranda sindirilmiştir. Total karbonhidrat fraksiyonları (nitrojeniz öz maddeler ve ham lif) yalnızca %56 sindirilebilirliğe sahiptir. Yüksek oranda mısır nişastası içeren karışımlar için sindirilebilirlik %90'a kadar çıkarken ham lif yönünden zengin rasyonların total karbonhidrat sindirilebilirliği %65'in altında saptanmıştır. Aynı zamanda

selüloz, pentozan, hemiselüloz, lignin ve ham lif fraksiyonu ile kısmen birleşen diğer enzimler sazan tarafından sindirilemediği vurgulanmıştır[6].

Ot sazanlarında (*Ctenopharyngodon idella*) %37 protein içeren ve MARDI olarak isimlendirilen yem ile carpet ve napier otlarının besin madde bileşenlerine ilişkin sindirilebilirlik değerlerini tespit ederek düşük maliyete sahip bileşenlerin ot sazanlarının yemlerinde kullanılabilirliğini araştırmıştır. MARDI yeminde balık unu ve soya unu balık tarafından etkin bir şekilde sindirilmiştir. Protein, yağ ve enerji için sindirim katsayıları sırasıyla %90.81-96.21, %100-98.79 ve %83.37-82.71 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç ot sazanı için MARDI yemlerinde balık unu yerine belirli oranda soya ununun kullanımının uygun olduğunu göstermiştir. Mısır ile protein, yağ ve enerjinin balık tarafından zayıf bir şekilde kullanılmasına karşın mısırın kuru madde ve karbonhidrat sindirim katsayıları sırasıyla %64.76 ve %87.85'tir. Kurutulmuş hindistan cevizi iç küspesi ve pirinç kepeği balık tarafından çok az sindirilmektedir ve bu balığın yem formülasyonunda yer almamalıdır. Napier ve carpet otu unlarının besin maddeleri sindirim katsayıları mısır, kurutulmuş hindistan cevizi küspesi ve pirinç kepeğinden daha yüksektir ve bu sonuca göre otlardan elde edilen unlar ot sazanlarının intensif yetiştirilişinde rahatlıkla kullanılabilir [7].

Gökkuşluğu alabalıklarında (*Salmo gairdneri*) *Hansenula anomala*, *Candida kruzei* ve *Geotrichum candidum* adlı mikroorganizmalar içeren karışık tek hücre proteini biomasını %40 protein içerecek şekilde rasyonlara kazein yerine artan seviyelerde ilave etmişlerdir. Ayrıca ayrı bir deneme olarak bu rasyonlara sülfür amino asit (SAA), L-metionin ilave etmişlerdir. Tek hücre proteini kazeinin %50'si yerine ikame edildiğinde protein sindirilebilirliği %8-13 arasında düşerken tek hücre proteini temel protein kaynağı olarak kullanıldığında ise %40-54 oranında düşmüştür. L-metionin ilavesi alabalıklarda protein sindirilebilirliğini arttırmamıştır[8].

Gökkuşluğu alabalıklarında (*Salmo gairdneri*) kloramfenikol, oksolinik asit ve oksitetrasiklin adlı antibiyotiklerin lipidlerin sindirilebilirlikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Antibiyotikler rasyonlara %0.1 ve %0.5 oranlarında katılmıştır. Farklı deneme gruplarında lipidlerin analizleri yapıldığında antibiyotiklerin alabalıkların total lipid içerikleri ve total yağ asitleri üzerine etki yapmadığı tespit edilmiş bununla beraber bütün antibiyotiklerin %0.5 oranında rasyonlara ilave edildiğinde bazı doymamış yağ asitlerinin sindirilebilirliklerini büyük ölçüde arttırdığı belirtilmiştir[9].

Gökkuşluğu alabalıklarının (*Salmo gairdneri*) rasyonlarına ilave edilen farklı alginatların makro besin maddelerinin sindirilebilirliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. 6 farklı alginat gökkuşluğu alabalıklarının rasyonlarına %5.0 oranında ilave edilmiştir. Alginatlardan üçünün (LFM, SFM, HFM) jelleşme özelliği zayıf iken diğer üçünün (LF, SF, HF) güçlüdür. Her iki jelleşme seviyesi için de alginatların düşük, orta ve yüksek viskoziteleri test edilmiştir. Bağ-

layıcı ihtiva etmeyen kontrol rasyonu ile kıyaslandığında 6 alginatın tümünde nitrojen, yağ, kül ve kalsiyumun saptanabilir sindirilebilirliğini düşürürken dışkıının su içeriğini arttırmıştır. Fosforun sindirilebilirliği alginatlardan daha az etkilenmiştir. Zayıf jelleşme özelliğine sahip alginatlar güçlü jelleşme özelliğine sahip olanlara nazaran sindirilebilirlikte daha fazla düşüşe neden olmuştur. Viskozitenin sindirilebilirlik üzerine etkisi belirgin değildir[10].

Deniz karideslerinde (*Penaeus vannamei*) çeşitli yem hammaddelerinin protein ve esansiyel aminoasit sindirilebilirliği üzerine etkilerini araştırmışlar ve hayvansal proteinlerin sindirilebilirliğini bitkisel proteinlere nazaran daha yüksek bulmuşlardır. Ayrıca protein sindirilebilirliğinin her zaman için esansiyel aminoasitlerin sindirilebilirliğini yansıtmadığı da belirtilmiş ve bunun nedeni protein sindirilebilirliğini tayin etmede kullanılan analitik metodlara ve kısmen sindirilemeyen bir yapı olan kitine bağlanmıştır. Bundan dolayı yem formülasyonlarında total veya sindirilebilir protein değerleri yerine yarıyışlı aminoasit değerlerini kullanmanın daha doğru olacağı belirtilmiştir[11].

Gökkuşluğu alabalıkları (*Salmo gairdneri*) rasyonlarına alternatif protein kaynağı olarak farklı oranlarda bakla tohumu ilavesinin rasyondaki protein sindirilebilirliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bakla tohumu ununun rasyon proteininin %10, 20, 30 ve 40'ı yerine ilave edilmesi ile (sırasıyla CL-10, CL-20, CL-30 ve CL-40) 4 ayrı rasyon, ısı işlemine tabi tutulmuş bakla tohumu ununun yine aynı seviyelerde rasyona ilave edilmesi ile de yine 4 ayrı rasyon hazırlanmıştır. CL rasyonlarına ilişkin elde edilen saptanabilir protein sindirilebilirlik verileri acı bakla ununun balıklar tarafından etkin bir şekilde kullanıldığını ve elde edilen değerlerin balık unu ve suya fasulyesi gibi bitkisel proteinlerden elde edilen değerlere yakın olduğunu göstermiştir[12].

Fingerling sazanlarda (*Cyprinus carpio*) balık unu, hardal küspesi, susam ve keten tohumu unları için saptanabilir ve gerçek protein, enerji ve aminoasit sindirilebilirliklerini tespit etmişlerdir. Bu bileşenler %30 protein içeren test rasyonlarına tek protein kaynağı olarak ilave edilmişlerdir. Test edilen 4 bileşen arasında balık unu besin maddelerinin sindirilebilirliği açısından en yüksek değere sahiptir. Susam unu hardal küspesi ve keten tohumu unundan daha düşük protein ve aminoasit sindirilebilirliğine sahiptir [13].

Avrupa deniz levreklerinde (*Dicentrarchus labrax*) farklı dışkı toplama metodlarının besin maddelerinin sindirilebilirlikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Protein ve lipid sindirilebilirliklerinin araştırıldığı bu çalışmada 6 farklı metod denenmiştir. Bunlar; diseksiyon, sağım, anüsten emme, tank suyundan hemen sifonlama, devamlı filtrasyon ve dekantasyon (boşaltma) yollarıdır. Protein sindirilebilirliği sağım ile elde edilen dışkılarla yapılan analiz sonucunda %82.5 olurken boşaltma yöntemi ile %94.2 olarak bulunmuştur. Lipid sindirilebilirliği ise yine sağımla toplanan dışkılarla yapılan analiz sonuçlarına göre %94.1 olurken sifonla hemen toplama tekniğinde %97.3 olarak

bulunmuştur. Çizelge 4'de yapılan çalışmalar levreklerde sindirilebilirlik denemelerinde kullanılmak üzere dışkı toplama yöntemlerinden en iyisinin devamlı filtrasyon yöntemi olduğunu göstermiştir. Bu metod ile balıklar bütün deneme boyunca rahatsız edilmeden kalabilmektedir, dışkı toplama otomatik bir şekilde devam edebilmekte ve tayinlerin tekrar edilmesine olanak vermektedir. Ancak maliyetinden dolayı bir çok olumlu özelliğine rağmen geniş çaplı bir sindirilebilirlik denemesi planlandığı zaman pratiktir[14].

Antibiyotikler bakteriler üzerinde değişik etki mekanizmaları oluşturarak büyümeyi hızlandırır. Büyümeyi hızlandırıcı amaçla kullanılan antibiyotikler gastrointestinal bölgeden absorbe edilmemelidir. Antibiyotikler konakçının ihtiyacı olan ve intestinal flora tarafından üretilen bazı B vitaminlerini yedekleme etkisine sahiptir. Antibiyotiklerle beslenen balıklarda yağ asitleri aminoasitler, vitaminler ve mineraller gibi besin maddelerinin vücutta değerlendirme oranı artmaktadır. Ancak yüksek seviyelerde antibiyotik de intestinal mikroflorayı tahrip edeceğinden büyümeyi yavaşlatmakta, besin maddelerinin sindirilebilirliğini ise düşürmektedir[15].

45 gr.'lık alabalıklar (*Oncorhynchus mykiss*) ve yılan balıklarında (*Anguilla anguilla*) yürüttükleri sindirilebilirlik çalışmasında sedimentasyon (çöktürme) yolu ile dışkı toplamak için Guelph sisteminin az da olsa modifiye edilmiş şeklini kullanmışlardır. Denemede 4 ayrı rasyon kullanılmıştır. Sonuç olarak sedimentasyon yolu ile dışkı toplamaya yönelik olan sistemlerin balıklarda sindirilebilirlik çalışmalarında güvenle kullanılabileceği tespit edilmiştir. Ancak görüldüğü üzere değerler çok da iyi değildir. Bu durum da balıkların sindirilebilirlik tanklarına alınması ve farklı boyutta tanklara alıştırılmaya çalışılmasına bağlanmıştır. Deneme sonuçlarına bağlı olarak balıklar kendi aralarında karşılaştırılacak olursa alabalıklarda sindirim işlemleri yılan balıklarına göre daha etkindir. Bu metodla elde edilen protein sindirilebilirlik değerleri benzer kompozisyona sahip yem ile beslenen alabalıklarla intestinal diseksiyon veya sağım metodu ile elde edilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Her iki tür içinde rasyonda protein/karbonhidrat oranı düşüktüçe besin maddelerinin yararlılığı da düşmüştür[16].

Ağırlıkları 120-280 gr. arasında değişen aynalı sazan balıklarının (*Cyprinus carpio*) 16°C, 21°C ve 26°C'de beslenmesinde kullanılan yemdeki proteinin sindirilme düzeylerini tespit etmiştir. Cr2O3'li yemlerle beslenen balıkların dışkıları diseksiyon metodu ile alınmış ve her üç sıcaklık derecelerinde de dışkı analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda yemdeki proteinin balıklar tarafından sindirilme düzeyleri 16°C'de %81.22, 21°C'de %85.84 ve 26°C'de %87.77 olarak saptanmış ve sazan balıklarının yaşadıkları ortamın su sıcaklığı arttıkça beslenmelerinde kullanılan yemdeki proteini daha iyi değerlendirdikleri açıklanmıştır[17].

4.65 gr.lık juvenil karidesleri (*Penaeus monodon*) balıklık yan ürünlerinden hazırlanan deniz hayvanları pro-

tein kaynaklarının farklı kombinasyonlarını ihtiva eden ve %40 ham proteine sahip dört ayrı izonitrojen yem ile beslemenin saptanabilir kuru madde ve protein sindirilebilirliği üzerine etkilerini incelemişlerdir. Test edilen rasyon formülasyonları mollusk ve krustasea artık unları (tarak ve karides kafası, rasyon D1) ve balık veya krustasea artık unları (sardalya ve istakoz, rasyon D2: sardalya ve karides kafası, rasyon D3) ihtiva etmektedir. Rasyon D4 ticari olarak mevcut balık ve krustasea unları (ançuez ve karides) ihtiva etmektedir. Buna ilave olarak bitkisel protein kaynağı olarak D3 rasyonu hariç bütün rasyonlar soya fasulyesi unu, buğday unu ve pirinç ihtiva etmektedir. D3 rasyonu ise bitkisel protein kaynağı olarak acı bakla unu ihtiva etmektedir. D1, D2 ve D4 rasyonlarının saptanabilir kuru madde ve protein sindirilebilirlikleri sırasıyla %75.8-78.1 ve %92-92.8'dir. Sardalya ve karides kafası unlarının acı bakla unu ile kombine edildiği rasyon (D3) diğer 3 rasyona göre daha düşük sindirilebilirlik değerleri göstermiştir, kuru madde ve protein için sırasıyla %53.2 ve %85.4. Elde edilen sonuçlar balıklık yan ürünlerinden hazırlanan balık unlarının ticari balık unları kadar iyi sindirildiğini göstermiştir ve karides rasyonlarında alternatif hayvansal protein kaynağı olarak kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber bitkisel protein kaynağı olarak acı bakla ununun kullanımı P.monodon'da besin maddelerinin sindirilebilirliğini düşürmüştür[18].

Levrek balıklarının (*Dicentrarchus labrax*) dekantasyon (boşaltma) metodu kullanılarak dışkılarının toplanması ile farklı protein kaynaklarının sindirimini araştırmışlardır. 142 g. ağırlığındaki levrek balıkları farklı oranlarda balık unu ve soya unu içeren 3 farklı deney yemi ile beslenmişlerdir (balık unu - soya unu oranı: %50/20, %35/35, %20/50). Sonuçlara göre sindirim oranı en yüksek %50 balık unu, %20 soya unu içeren yemde bulunmuştur[19].

Benekli yayın balıklarının (*Ictalurus punctatus*) rasyonlarına 0, 50, 100, 200, 400, 1000, 5000 ve 10000 mg/kg oranında Cr₂O₃ ilavesinin glukoz kullanımı ve vücutta krom tutulumu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Değişik oranlarda Cr₂O₃ ilave edilen rasyonlara karbonhidrat kaynağı olarak glukoz ilave edilmiştir. Kontrol rasyonu ise Cr₂O₃ içermemektedir ve karbon kaynağı olarak da dekstrin ihtiva etmektedir. Sonuç olarak rasyondaki Cr₂O₃ seviyesinin glukoz kullanımı üzerine etki yapmadığı ve benekli yayın balıklarının enerji kaynağı olarak glukozu; dekstrin kadar etkili bir şekilde kullanamadıkları ve nişastaya dayalı rasyonlarda Cr₂O₃'in küçük miktarlarda güvenle kullanılabilceği tespit edilmiştir[20].

Gökkuşuğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) rasyonlarına soya unu ilave etmiş ve soya ununun besin maddelerinin sindirilebilirliği üzerine etkilerini incelemişlerdir. Soya unu kullanılan yemlerin sindirilebilirlikleri oldukça iyidir ve gökkuşuğu alabalıklarında güvenle kullanılabilir. Fakat bu sonuç her soya unu için geçerli değildir. Yalnızca iyi kalitedeki soya unları için geçerlidir. En iyi sindirilebilirlik değerleri protein için %91 ile %60 soya unu ilavesinde, enerji için %86 ile balık ununda elde

edilmiştir[21].

Yedi ayrı besleme seviyesinin 8.29-11.02 gr.lık Nil tilap-yalarının (*Oreochromis niloticus*) besin madde sindirilebi-lirliği üzerine etkilerini incelemişlerdir. Besleme seviyeleri açlık, %0.5, %1, %2, %3, %4 vücut ağırlığı ve elle doyunca-ya kadardır. Kuru madde ve protein sindirilebilirliği artan besleme seviyeleri ile düşüş gösterirken; enerjinin sindi-rilebirlirliği besleme seviyesinden etkilenmemiştir. Aynı zamanda besleme seviyesi de %2'den fazla olduğu zaman artan besleme seviyesi ile birlikte büyüme de yavaş iler-lemektedir. Bu durum tilap-yalar için sınırlı tutulan bir besleme rejiminin elle doyuncaya kadar yapılan besleme-den daha ekonomik olduğunu göstermiştir[22].

Fingerling Coho salmonlarının (*Oncorhynchus kisutch*) rasyonlarına ilave edilen yağı alınmış soya ununa ısı uygu-lanmasının besin madde sindirilebilirlikleri üzerine etkisi-ni araştırmışlardır. Bazal rasyon buğday glutenine bağlıdır. Çiğ soya, ısı uygulanmış soya ve soya proteini konsantresi test edilmiştir. Her bir test bileşeni bazal rasyona 30:70 (standart oranda) veya 60:40 (yüksek oranda) oranında ilave edilirken Cr_2O_3 ve SiO_2 'de kilogram rasyona 5'er gram olarak ilave edilmiştir. Isı uygulanmış ve hekszanda ekstrakte edilerek yağı alınmış soya ununun proteininin sindirilebilirliği (%90.8) ısı uygulanmamış soya ununun proteininin sindirilebilirliğinden daha yüksek (%74.3) olur-ken buğday glutenine dayanan bazal rasyonun sindirilebi-lirliğinden daha düşüktür (%98.2). Hem kuru madde hem de proteinin sindirilebilirliği en yüksek bazal rasyonda en düşük ise ısı uygulanmamış %30 soya ununda bulunmuş-tur. Isı uygulanmamış %60'luk soya unu hem kuru mad-de hem de protein açısından %30'luk soya unundan daha yüksek sindirilebilirlik değerlerine sahiptir. Isı uygulanmış soya unu ve soya proteini konsantrasyonu protein sindi-rilebirlirliği açısından benzer değerlere sahiptir. Aynı za-manda bu değerler bazal rasyondan elde edilen değerler ile benzerdir. Kuru maddenin sindirilebilirliği bazal rasyon ile kıyaslandığında diğer bütün muamelelerde oldukça düşüktür. %60 ısı uygulanmamış soya unu ilave edilen rasyon-dan elde edilen değerler düşük yem alımından dolayı güvenilir değildir. Üç test bileşeni içinde fitik asidin pro-tein sindirilebilirliğini düşürdüğü ve minerallerin biyolojik yararlılığını sınırladığı belirtilmiştir. Isı uygulanmış soya proteini ve soya protein konsantresinin ilave edildiği rasyonlarda elde edilen düşük protein sindirilebilirliği soya bileşenlerindeki fitat seviyesine bağlanabilir[23].

3 gr.lık gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) ile yürüttükleri sindirilebilirlik çalışmalarında Cr_2O_3 'e al-ternatif olarak ham lif ve asitte çözünmeyen kül kullan-mışlardır. Denemede 6 ayrı rasyon kullanılmıştır. Kontrol rasyonu balık unu ihtiva ederken diğer 5 rasyonda balık unu proteininin %40'ı yerine mısır gluteni unu (CGM), pa-muk tohumu unu (CSM), bakla tohumu unu (LSM), soya fasulyesi unu (SBM) veya ayçiçeği unu (SFM) ikame edil-miştir. Bütün rasyonlar için asitte çözünmeyen kül mar-kalayıcı olarak kullanıldığı zaman ham protein, nitrojen-siz öz maddeler, kuru madde ve enerjinin saptanabilir

sindirilebilirlik katsayıları Cr_2O_3 ile elde edilen değerlere nazaran daha yüksek olarak bulunmuştur. Kontrol, mısır gluteni unu, pamuk tohumu unu ve bakla unu rasyonları için ham lif ile hesaplanan bütün saptanabilir sindirilebi-lirlik katsayıları Cr_2O_3 ile elde edilen değerlere benzer-dir. Ancak ham life dayalı olarak hesaplanan soya fasul-yesi unu ve ayçiçeği unu rasyonlarına ilişkin elde edilen değerler Cr_2O_3 ile elde edilen değer ile kıyaslandığında düşüktür. Sonuçlar değerlendirildiğinde; asitte çözün-meyen külün Cr_2O_3 ile kıyaslandığında gökkuşağı alabalığı ile yürütülen sindirilebilirlik çalışmaları için uygun olmadığı bununla beraber rasyonda mevcut olan ham lifin türüne bağlı olarak etkili bir markalayıcı olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir [24].

200 gr.'lık Avrupa deniz levreklerinde (*Dicentrarchus labrax*) yem işleme teknolojisinin sindirilebilirlik üzerine etkilerini araştırmışlardır. Denemede 4 ayrı rasyon kulla-nılmıştır: rasyon1 E0 (ekstrude bazal balık unu rasyonu); rasyon2 P0 (peletlenmiş bazal balık unu rasyonu); rasyon3 E30 (ekstrude %70 bazal rasyon+%30 buğday gluteni) ve rasyon4 P30 (pelet, %70 bazal rasyon+%30 buğday glu-teni). Cr_2O_3 rasyona %1 düzeyinde katılmıştır. Peletlenmiş ve ekstrude edilmiş rasyonlara buğday gluteni ilavesi so-nucunda protein, enerji ve organik maddenin sindirilebi-lirliği artmıştır. Fakat besin maddelerinin sindirilebilirliği üzerine yemin pelet veya ekstrüde olmasının bir etkisi olmamıştır[25].

Karideslerin (*Penaeus monodon*) rasyonlarına acı bakla türleri ve farklı unların ilavesinin kuru madde ve protein sindirilebilirliği üzerine etkisini araştırmışlardır. 5 ayrı rasyon hazırlanmıştır. 1 nci ve 2 nci rasyon Lupinus albus tohumu ununun bütün ve kabuğu çıkarılmış şekli-ni (sırasıyla WAD ve DAD) içerirken 3 ncü rasyon kabu-ğu çıkarılmış *L.angustifolius* ununu (DND), 4 ncü rasyon *L.angustifolius* protein konsantrasyonunu (LPCD) ve 5 nci rasyon ise yağı alınmış soya fasulyesi ununu (SBD) içere-mektedir. SBD, DND, LPCD ve DAD rasyonlarının kuru madde sindirilebilirlik değerleri (%68.3-71.4) WAD rasyonuna göre (%64.4) daha yüksektir. Bütün rasyonların protein sindirilebilirlik değerleri benzer olmasına karşın; küçük olmakla beraber istatistiki açıdan önem taşıması bakımından en yüksek değer DND rasyonu ile elde edi-lirken en düşük değer ise WAD rasyonu ile elde edilmiş-tir. Bakla tohumunun kabuğunun çıkarılması veya bakla proteininin konsantre edilerek *P.monodon*'ların rasyon-larına ilave edilmesi besleyici değerlerini arttırmamıştır. *P.monodon*, *L.angustifolius* ununu *L.albus*'a nazaran daha iyi değerlendirmiştir. *L.angustifolius* rasyonunun besleyici değeri soya unu (kontrol) rasyonu ile eşittir[26].

Gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) ile 3 ayrı deneme yürütmüştür. 1 nci denemede %50 protein ve %16 yağ içeren ticari bir ekstrüde yeme dışarıdan 3 farklı oranda balık yağı ilave etmiş, 2. denemede 4 farklı protein ve sabit yüksek oranda yağ ihtiva eden yemler kullanmış ve 3.denemede ise tamamen kontrollü şartlar altında (*sabit su sıcaklığı*) 2. denemede kullanılan yemleri

kullanmış ve bu denemelerde kullanılan yemlerin besin maddelerinin sindirilebilirliği üzerine etkileri tespit edilmiştir. 2. denemede protein sindirilebilirliği yemdeki protein oranı arttıkça az da olsa artmaktadır[27].

3 gr.lık hibrit tilapyalarda (*O.niloticus* x *O.mossambicus*) değerlendirilmeyen tatlı patates ve ölü kümes hayvanları silajı karışımının (ESPFP) ekstrüzyon yöntemi ile un haline getirilip besin madde sindirilebilirlikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. ESPFP rasyonlara %0, %11, %22 ve %33 oranlarında ilave edilmiştir. Rasyonda artan ESPFP seviyeleri ile lineer olarak kuru madde, enerji ve ham protein sindirilebilirlik katsayıları düşmüştür. Bununla beraber ESPFP ununun rasyona katılması ile organik maddenin sindirilebilirliği etkilenmemiştir. Gözlemlenen bu düşüşün iki nedeni olabileceği belirtilmiştir. Birinci neden tatlı patates ununda kalıntı olarak bulunan tiripsin inhibitör aktivitesi olabileceği gibi, ekstrüde olarak hazırlanmış karışımın içinde mevcut bulunan proteaz enzimine karşı dirençli, teorik olarak sindirilemeyen Maillard komplekslerinin (polimerlerinin) bulunması da olabilir. ESPFP ununun tilapya rasyonlarına %33'e kadar ilavesinin kont üldüğü üzere yurt dışında bu konuya ilişkin bir çok çalışma mevcut olmasına karşın ülkemizde yapılan çalışmalar son derece azdır. Bu nedenle;

- ✓ Balık beslemede kullanılan yemlerin ne kadarlık bir kısmının balık tarafından kullanıldığını tespit edecek ve tespiti yarayacak uygun metodolojiyi geliştirecek,
- ✓ Sindirimi artırmayı sağlayacak iç ve dış faktörleri belirleyecek,
- ✓ Balık besleme araştırmalarında sindirilebilirlik çalışmalarına aktiflik kazandıracak
- ✓ Üretici-tüketici araştırmacı işbirliğini artıracak projeler hazırlanmalı ve hayata geçirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Kitamikado, M., Takahashi, T., Noda, H., Morishita, T., Tachino, S., (1965). Digestibility of dietary components in young yellow tail. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 31 (2);133-137.
2. De Silva S.S. and Perera M.K., (1984). Digestibility in *Sarotherodon niloticus* fry: Effect of dietary protein level and salinity with further observations on variability in daily digestibility. *Aquaculture*, 38; 293-306.
3. Schmitz, O., Greuel, E., Pfeffer, E., (1984). Digestibility of crude protein and organic matter of potential sources of dietary protein for eels. *Aquaculture*, 41; 21-30.
4. Tacon, A.G.J. and Rodrigues, A.M.P., (1984). Comparison of chromic oxide, crude fibre, polyethylene and acid-insoluble ash as dietary markers for the estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout. *Aquaculture*, 43;391-399.
5. Robinson, E.H. and Wilson R.P., (1985). Nutrition and feeding. In: C. S. Tucker (Editor), *Channel catfish culture*. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
6. Kirchgessner, M., Kürzinger H., Schwarz, F.J., (1986). Digestibility of crude nutrients indifferent feeds and estimation of their energy content for carp. *Aquaculture*, 58;185-194.
7. Law, A.T., (1986). Digestibility of low cost ingredients in pelleted feed by grass carp. *Aquaculture*, 51;97-103.
8. Murray, A.P. and Marchant, R., (1986). Nitrogen utilization in rainbow trout fingerlings fed mixed microbial biomass. *Aquaculture*, 54; 263-275.
9. Cravedi, J.P., Choubert G. and Delous G., (1987). Digestibility of

chloramphenicol, Oxolinic Acid and Oxytetracycline in Rainbow trout and influence of these antibiotics on lipid digestibility. Aquaculture, 60; 133-141.

10. Storebakken, T., Austreng, E., (1987). Binders in fish feeds II. Effect of different alginates on the digestibility of macronutrients in rainbow trout. *Aquaculture*, 60; 121-131.
11. Akiyama, D.M., Coelho, S.R., Lawrence, A.L. and Robinson, E.H.,(1988). Apparent digestibility of feedstuffs by the marine shrimp *Penaeus vannamei* Boone. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 55(1):91.
12. Higuera, de la M., Garcia-Gallego, M., Sanz, A., Cardenette, G., Suarez, M.D. and Moyano, F.J., (1988). Evaluation of lupin seed meal as an alternative protein source in feeding of rainbow trout. *Aquaculture*, 71; 37-50.
13. Hossain, M.A. and Jauncey, K., (1989). Studies on the protein, energy and aminoacid digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp. *Aquaculture*, 83; 59-72.
14. Spyridakis, P., Metailler, R., Gabaudan, J. and Riaza, A., (1989). Studies on nutrient digestibility in European sea bass. 1. Methodological aspects concerning faeces collection. *Aquaculture*, 77; 61-70.
15. Woolcock, J.B., (1991). Microbiology of animals and animal products. Elsevier Science Publishers B. V., 278 p., Amsterdam, Netherlands.
16. Bazoco J., Garcia-Gallego M., Soares M.D., Sanz A. and Cardenette G., (1993). Application of a settling column system to studies of digestibility in the eel. In fish nutrition in practice:4th international symposium on fish nutrition and feeding, June 24-27, 1991, Les colloques de l'INRA, no.61; 437-441 p., Biarritz, France.
17. Çakmak N., (1993). Farklı sıcaklıklarda beslenen aynalı sazanın proteinden yararlanma oranının belirlenmesi. Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
18. Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., Evans, L., 1996. Digestibility studies on fisheries by product based diets for *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 143;331-340.
19. Hoşsu, B., Korkut, A.Y., Gamsız, K. ve Altan, Ö., (1997). IX. Ulusal su ürünleri sempozyumu. 17-19 Eylül. Egridir/Isparta.
20. Ng, W.K. and Wilson, R.P., (1997). Chromic oxide inclusion in the diet does not affect glucose utilization or chromium retention by channel catfish. *Journal of nutrition*, 127; 2357-2362.
21. Refstie, S., Helland, S.J., Storebakken, T., (1997). Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout. *Aquaculture*, 153; 263-272.
22. Xie, S., Cui, Y., Yang, Y., Liu, J., (1997). Energy budget of Nile tilapia in relation to ration size. *Aquaculture*, 154; 57-68.
23. Arndt, E.R., Hardy, R.W., Sugiura, S.H., Dong, F.M., (1999). Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture*, 180; 129-145.
24. Morales, A.E., Cardenete, G., Sanz, A., Higuera, M., (1999). Re evaluation of crude fibre and acid-insoluble ash inert markers, alternative to chromic oxide, in digestibility studies with rainbow trout. *Aquaculture*, 179; 71-79.
25. Robaina, L., Corraze, G., Aguirre, P., Blanc, D., Melcion, J.P., Kaushik, S., (1999). Digestibility postprandial ammonia excretion and selected plasma metabolites in European sea bass fed pelleted or extruded diets with or without wheat gluten. *Aquaculture*, 179; 45-56.
26. Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., Hutabarat, J., Supriharyono, Evans, L.H., (1999). Lupin ingredients in shrimp diets: influence of lupin species and types of meals. *Aquaculture*, 171;121-133.
27. Özdemir A., (2000). Gökkuşluğu alabalığı beslenmesinde yüksek enerjili yemler ve protein enerji metabolizması. Yayımlanmamış Doktora tezi. Ege üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
28. Middleton, T.F., Ferket, P.R., Boyd L.C., Daniels, H.V., Gallagher, M.L., (2001). An evaluation of co-extruded poultry culled jewel sweet potatoes as a feed ingredient for hybrid tilapia. *Aquaculture*, 198; 269-280.