

## Alabalık Yemlerinde Alternatif Protein Kaynakları Kullanımı ve Kültür Balıkçılığının Geleceği Açısından Önemi

Fatime ERDOĞAN

Muğla Üniversitesi, Ortaca Meslek Yüksek Okulu, Su Ürünleri Programı, Muğla

ferdogan@mu.edu.tr

### ÖZET

Gökkuşluğu alabalığı (*O. mykiss*) lezzetliliği, et kalitesi, işlenebilirliği (taze, dondurulmuş, füme, konserve vb.) gibi özellikleri ile dünyada ve ülkemizde en çok tercih edilen türler arasında yer almaktadır. 2005 yılı dünya üretim rakamı 487 bin ton iken Tacon'a göre 2010 yılında bu rakam 839 bin tona ulaşacaktır. Şüphesiz yüksek protein ve yüksek enerjili yemlere ihtiyaç duyan karnivor balıkların üretimi dünyanın mevcut balık unu ve balık yağı stoklarına daha fazla yük getirecektir. Bu durum diğer karnivor balıkların yetiştiriciliğinde olduğu gibi yüksek oranda balık unu içeren alabalık yemlerinde de alternatif protein kaynakları arayışını zorunlu hale getirmektedir. Bazı geri dönüşüm ürünlerinden (et-kemik unu, kanatlı işleme ürünleri, deniz ürünleri işleme artıkları v.b.) balık ununa dönüşüm elde edilebilse, neredeyse dünya balık unu üretiminin %80'i kadar balık unu sağlanabilir. Mikroorganizmalar da önemli oranda protein, karbonhidrat, vitamin içermeleri nedeniyle insan ve hayvan yemi olarak kullanılmakta, ancak düşük sindirim oranlarına sahip olmaları problem yaratmaktadır. Bundan dolayı tahıl ve yağlı tohum ürünleri gelecekte yemlerde protein ve enerji kaynağı olma umudu taşımaktadır. Bu kaynakların büyük çoğunluğunun besin değerini ve sindirilebilirliğini arttırmak için özel işlemlerden geçirmek, enzim eklemek gibi farklı uygulamalar araştırılmaktadır. Alabalık yetiştiriciliğinin devamlılığı hayvansal ve bitkisel alternatif protein kaynaklarının reel bir şekilde kullanımı ile mümkün olabilecektir.

**Anahtar Kelimeler** : alabalık, alternatif yem hammaddeleri, hayvansal yan ürünler, yağlı tohum proteinleri, tek hücre proteinleri

## The Use of Alternative Protein Sources in Rainbow Trout and Its Importance for The Future of Aquaculture

### ABSTRACT

Rainbow trout is one of the most preferred species in the world and in our country with its qualification such as palatability, meat quality, processing (fresh, frozen, smoke, conserve etc.). While world production amount in 2005 is 487 thousand tons according to Tacon this number reaches to 839 thousand tons in 2010. Doubless the production of carnivore fish requiring high protein and energy feeds will bring much more load on the global fish and oil stocks. As in other carnivore fish production this condition makes necessary to search for alternative protein resources in trout feed which consists high ratio fish meal. Worldwide annual production of rendered product is roughly equivalent to annual fish meal production; with meat and bone meal and poultry by-product meal making up 80% of total production. Microorganisms are used as human and animal feed as it contains high ratios of protein, carbohydrate and vitamin but create problems with having low digestible ratios. Thus grain and oilseed products are the most promising sources of protein and energy in the future. Different applications as special processing in order to increase the nutritional value and digestibility of these high amount sources, and adding enzyme are researched. Continuity of the trout production will be possible by the real usage of animal and plant drived alternative sources.

**Key Words** : trout, alternative feed ingredient, animal by product, oilseed protein, single cell protein

## 1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunun hızlı artışına karşılık doğal kaynaklardan avlanan su ürünleri miktarı artmamaktadır. 2005 yılı istatistiklerine göre avcılık yoluyla 93,8 milyon ton/yıl, yetiştiricilik yoluyla 47,8 milyon ton/yıl su ürünü elde edilmiştir. Buna karşılık kültür balıkçılığı üretimi son 5 yılda yaklaşık %35 oranında artış göstermiştir (Anonim, 2007a). Kültür balıkçılığı yemlerinde temel ham madde balık unudur. Balık unu doğadan yakalanan insan tüketiminde kullanılmayan balık türlerinden elde edilmektedir. Son 10 yıldır dünya balık unu üretimi yıllık 6,5 milyon ton civarındadır. 2002 yılı itibarı dünya balık unununun %44'ü, 1,4 milyon ton balık yağı üretiminin %81'i akuakültür türlerinin yemlerinde kullanılmıştır. 2015 yılında balık unununun %50'si, balık yağı üretiminin %88'inin akuakültür yemlerinde kullanılacağı tahmin edilmektedir (Pike ve Barlow 2003). Sınırlı düzeyde bulunması, fiyatının yüksek olması

balık unu kullanımını sınırlandırmaktadır. Son 5 yıldır deniz balığı yetiştiriciliğindeki hızlı büyüme balık unu kullanımının artışına neden olmuştur. Son 15 yıldır Atlantik salmону yemlerinde %50'den fazla, karides yemlerinde %35 oranında balık unu kullanılmaktadır. Günümüzde bu oranlarda düşüş kaydediliyorsa da som balıkları deniz balıkları ve alabalık yemleri hala %40 balık unu içermektedir (Barlow, 2000).

Gelecekte su ürünleri yemlerinde balık ununun yanı sıra farklı kaynaklar kullanılacaktır. Pike ve Barlow (2003)'ün tahminlerine göre 2002 yılında 15 974 000 ton olan akuakültür yemleri üretimi 2010 yılında 32 378 000 tona yükselecektir. Buna göre 2002 yılında üretilen akuakültür yemlerinin %14,03'ü oranında (2 217 000 bin ton) balık unu kullanılmıştır. Tahminlere göre 2010 yılındaki akuakültür yemlerinde 4,6 milyon ton balık unu kullanılması beklenmektedir (Tacon ve ark., 2006). Çizelge 1'de dünya balık unu rakamları verilmiştir

**Çizelge 1.** Çeşitli balık türleri için 2000 yılı yemlerde balık unu kullanım oranları (%), miktarları ve 2010 yılı beklentileri (Pike ve Barlow., 2003)

Türler	2000 (%)	2010 (%)	2000 (.000 ton)	2010 (.000 ton)
Salmon	35	25	455	406
Alabalık	30	20	180	139
Deniz balıkları	45	40	377	628
Yassı balıklar	55	45	40	145
Karides	25	20	487	576
Kedi balığı	2	0	12	0
Sazan	4	3	337	602
Diğerleri*			629	489
<b>Toplam</b>			<b>2517</b>	<b>2985</b>

\*Yılan balığı, süt balığı, tilapia ve diğer karnivor tatlı su balığı türleri

Tacon ve Forster (2000)'in tahminlerinin aksine; akuakültür yemlerinde 2000 yılında 2.190 000 ton balık unu kullanılırken 2010 yılında bu miktar azalarak 1.550 000 ton'a gerileyecektir. Bu tahminlere göre balık ve karides fiyatları azalırken yemlerde kullanılan ham maddelerden en önemlisi olan balık ununun fiyatının yüksekliği araştırmacıları daha ucuz ve ikame edilebilir ham maddeler bulmaya yönlendirecektir (Hardy, 2006). New

(2003)'a göre 2010 yılında dünya balık unu üretiminin %70'i akuakültür yemleri yapımında kullanılacaktır. Sonuçta ekonomik faktörler akuakültür yemlerinde balık unu kullanımında belirleyici olacaktır. Gelecekte yılan balığı, salmon, alabalık, süt balığı ve kedi balığı yemlerinde balık unu kullanımının azalması öngörülürken, deniz balıkları için üretim artışına paralel olarak balık unu tüketiminde artış olacağı beklenmektedir.

Bütün türler için balık ununun yemlerdeki yüzdesinin alternatif ham maddelerin yemlere ilavesi ile azalacağı tahmin edilmektedir. Çizelge 2’de çeşitli balık türleri için 2007 yılı balık yemi üretim değerleri ve 2010 yılı

beklentileri verilmiştir. Buna göre yetiştiriciliği yapılan bütün balıklarda üretim artışına paralel olarak, yem tüketim artışı beklentisi vardır. En yüksek üretim artışı tilapia yetiştiriciliğinde beklenmektedir.

**Çizelge 2.** Balık türlerine göre 2007 dünya balık yemi üretim değerleri ve 2010 beklentileri (Tacon ve Meitan 2008)

Türler	2007 yılı Üretim	2010 yılı Üretim	Beklenen Değişim Yüzdesi
Sazangiller	8.600.000	10.584.000	%23.07
Karides	5.600.000	7.170.000	%28.03
Salmon	1.923.000	2.226.000	%15.75
Tilapia	3.600.000	4.953.000	%37.58
Deniz balıkları	2.300.000	2.797.000	%21.60
<b>Toplam</b>	<b>22.023.000</b>	<b>27.730.000</b>	<b>%25.91</b>

## 2. BALIK UNUNA ALTERNATİF ÜRÜNLER

Alternatif protein kaynakları 3 grupta yer almaktadır; 1) Hayvansal proteinler (gıda işleme ürünleri artıkları, mezbaha artıkları) 2) Bitkisel proteinler (tahıl ve yağlı tohum proteinleri) 3) Tek hücre proteinleri (maya, mantar, bakteri, özellikle etanol üretiminden türetilmiş ürünler) (Hardy, 2006).

### 2.1. Hayvansal Proteinler

#### 2.1.1. İşlenmiş deniz ürünleri artıkları ve avcılık yoluyla avlanan balıklar

İşlenmiş deniz ürünleri ve avcılık yoluyla elde edilen balıkların artıkları balık unu üretimi için elde edilen balıkların tonajını aşmaktadır. Eğer balıkçıların her yıl ıskartaya çıkardığı balıkların yarısı balık ununa dönüştürülebilse, kültür balıkçılığının 15 yıl sonrası için ihtiyacı olan 2,6 milyon ton’luk balık unu ihtiyacı karşılanabilirdi. Deniz ürünleri işleme artıkları yüksek kemik içeriğinden arındırıldığında balık yemleri için uygun hale gelebilir. Bu ürünlerin yüksek oranda ham kül içermesi (%25) (balık unu %7) balık yemlerinde kullanımını sınırlamaktadır. (Hardy, 2000). Geri dönüşüm ürünleri; et-kemik unu, kan unu, kanatlı- işleme

ürünleri 3,751 milyon ton’luk kapasiteye sahiptir ve dünyada ortalama yıllık balık unu üretiminin %50–60’ını kapsarlar. Bu ürünler tavuk yemlerinde, evcil hayvan yemlerinde ve diğer hayvanların (tavşan) yemlerinde kullanılırlar. Ülkemizde tavuk kesimi bol miktarda yapılmaktadır. Bu kesimlerde iç organlar, baş, ayaklar ve değişken oranlarda tüyler çöpe gitmektedir. Bu artıkların unu.%60–65 oranında ham protein, %15–17 ham yağ, %5–8 kül ve%85–87 kuru madde içermektedir. Enerji değeri 2800–2890 kcal/kg arasında değişir. Yalnız başına balık yemlerinde kullanımı önerilmemekle birlikte ikame olarak kullanılabilir (Korkut ve Yıldırım, 2003).

Besleme denemeleri kanatlı (tavuk) işleme ürünlerinin balık unu yerine %40 oranında ikame edilerek kullanılabilirliğini, gökkuşağı alabalıklarında büyümede herhangi bir düşüşe neden olmadığını göstermiştir, fakat daha yüksek oranlarda kullanımı büyümede azalmaya yol açmaktadır Sugiura ve ark., (1998). Gökkuşağı alabalıklarında kanatlı işleme ürünlerinin protein sindirilebilirliğinin ringa unu ile aynı düzeyde (%94–99) olduğunu belirtmiştir (Hardy, 2000). Et-kemik ve tüy unularının salmone yemlerinde kullanımının uygun olmadığı yönünde görüşler mevcuttur,

çünkü ilk araştırmalar protein sindirilebilirliğinin %70'ten düşük olduğunu göstermiştir. Son yıllarda et-kemik unu ve kanunun yeniden düzenlenmesi ile protein sindirilebilirliği %87-92'ye çıkarılmıştır (Hardy, 2000). Sevgili ve Ertürk (2004), gökkuşağı alabalığı yemlerine balık unu yerine tavuk mezbaha artıkları unu ilave ederek en uygun ikame oranını belirlemek için yaptıkları çalışmada kontrol grubu ile %20 tavuk mezbaha artıkları ilave edilen grup arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Daha yüksek oranlarda tavuk mezbaha artıkları unu ilavesi büyüme olumsuz etkilemiştir. Hepatosomatik indeks, viscerosomatik indeks ve karkas verimi açısından gruplar arasında önemli farklılık görülmemiştir. Alabalık yemlerine %25 oranında tavuk mezbaha artıkları unu ilavesinin olumlu sonuç verdiğini, bir başka çalışmada yine alabalık yemlerine balık unu yerine %40 oranında tavuk mezbaha artıkları unu ve % 10 kanatlı yağı ilavesinin başarılı sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Alabalık yemlerindeki proteinin %80 seviyesinde tavuk mezbaha artıkları unundan karşılanabileceği bildirilmektedir. Araştırmacılar tavuk mezbaha artıkları unu esansiyel aminoasitlerinin balık unundakinden daha az olduğunun göz önüne alınması gerektiğine dikkat çekmiştir (Sevgili ve Ertürk., 2004). Tacon ve Jakson (1985), alabalık yemlerinde et-kemik ununun kan unu ile (4:1) oranındaki karışımının balık unu yerine %50 oranında ikamesinin başarı ile kullanıldığını bildirmişlerdir. Yanık ve Aras (1999), alabalık yemlerinde balık unu yerine tavuk mezbaha artıkları ununun %25-50 oranında ikame edilebileceğini bildirmişlerdir. Et-kemik ununun tek başına Chinook salmon yemlerinde ringa balığı unu yerine ikame edilmesinin büyüme ve ağırlık artışında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir (Yanık ve ark., 2003). Yavru alabalık yemlerinde 16 hafta süren bir çalışma sonunda balık unu yerine %28 oranındaki hayvansal yan ürünler (%25 et-kemik unu, %24,5 deri unu, %20 mürekkep balığı karaciğeri unu, %15 tüy unu, %7,5 tavuk mezbaha artıkları unu, %0,25 metiyonin-lizin) karışımının büyüme negatif etkilerinin olmadığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, %40, %60 ve %100 oranlarında ikamenin

büyüme dikkate değer oranda azalttığını, %20 oranında ikamenin kontrol grubu ile aynı büyüme sağlayabileceğini rapor etmişlerdir (Yanık ve ark., 2003). Karadeniz kalkanı (*Psetta maeotica*) yavruları (30 g) ile yapılan çalışmada balık unu yerine tavukçuluk sanayi yan ürünlerinin büyüme, yem kullanımı üzerinde herhangi bir olumsuz etki oluşturmaksızın balık unu proteini yerine %25 oranında kullanılabileceği bildirilmiştir (Yiğit ve ark., 2006).

## 2.2. Bitkisel Proteinler

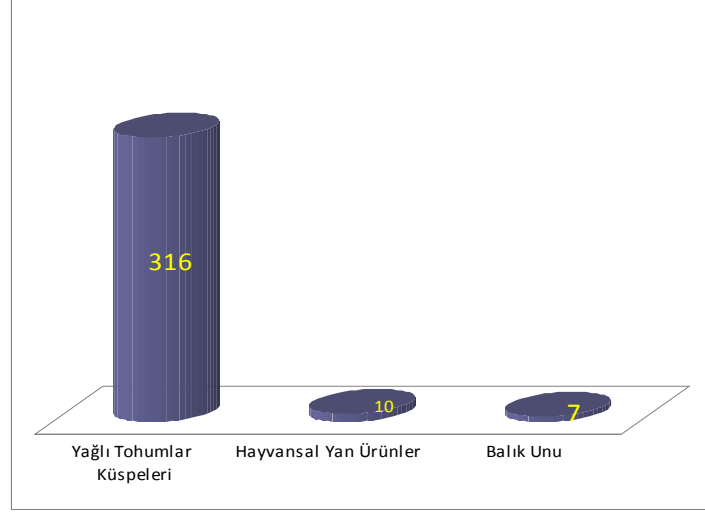
### 2.2.1. Tahıl proteinleri

Mısır glütini %70-80 protein içeren, gökkuşağı alabalığı, Coho salmonu gibi balıklar için yüksek sindirilebilirliğe sahip mükemmel bir kaynaktır (Sugiura ve ark., 1998). Mısır glütini balık unu yerine %25 oranında ikame edildiğinde büyüme ve yem dönüşüm oranına herhangi bir negatif etki etmediği bildirilmektedir. Daha yüksek oranlarda ikame edilecekse balık ununa dayalı yemlere eşit olacak şekilde lizin ilavesi önerilmektedir. Mısır glütini ilavesi rasyonun maliyetini bir miktar düşürmekle birlikte insan tüketimi için yüksek miktarlarda kullanıldığından, hayvan yemlerinde kullanımı ekonomik değildir. Morales ve ark., (1994), minimum %60 protein içeren mısır glütininin gökkuşağı alabalıklarında %97 oranında sindirilebildiğini, büyüme ve yem dönüşüm oranı üzerinde herhangi olumsuz bir etki oluşturmadan balık unu yerine %25-40 oranında kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ticari gökkuşağı alabalık yemlerinde mısır glütini ilavesinin dezavantajı yüksek oranda ilave edildiğinde balık etine sarı renk vermesidir (Skonberg ve ark., 1998).

### 2.2.2. Yağlı Tohum Proteinleri

Soya, ayçiçeği, pamuk, kanola gibi yağlı tohumların yağı alındıktan sonra kalan kısımları (küspe) protein kaynağı olarak hayvan yemlerinde kullanılmaktadır. Yağlı tohumların balık ununa göre düşük fiyatlı oluşu ve elde edilebilirliğinin kolay olması, içerdikleri anti besinsel maddelere rağmen hayvan yemlerine ilavesi avantaj teşkil etmektedir. Şekil 1'de

yemlerde kullanılan protein kaynaklarının yağlı tohum üretim değerleri verilmiştir. üretim değerleri, Şekil 2’de 2007 yılı dünya



Şekil 1. Yemlerde kullanılan protein kaynaklarının üretim değerleri (milyon ton) (Gilbert, 2002)

### 2.2.2.1. Soya Küspesi

Bitkisel protein kaynakları arasında yem bulunabilirliği gibi nedenlerle hayvan kalitesinin yüksekliği, ucuzluğu, kolay yemlerinde kullanımı yaygındır.



Şekil 2. 2007 yılı dünya yağlı tohumlar üretimi (bin ton) (Anonim, 2008)

Soya ürünleri akuakültür türlerinin beslenmesinde esansiyel aminoasit gereksinimini karşılamada balık unundan sonra en iyi aminoasit profiline sahiptir (Hertrampf ve Pascual, 2000). Diğer bitkisel protein

kaynakları gibi soya da büyümeyi yavaşlatan birkaç anti besinsel faktöre sahiptir (Hardy, 1996). Bu anti besinsel faktörler bir dizi işlemle giderilebilirler. Soya ürünlerinden soya küspesi

%45, soya protein konsantresi ise %70 düzeyinde protein içermektedir. Soya küspesi ilavesi çalışmalarında özellikle ısıtma işlem uygulamaları sonucunda tripsin inhibitörleri inaktive edildiğinde gökkuşuğu alabalık yemlerinde soya küspesinin yüksek oranlarda kullanılabilirliği bildirilmektedir (Cho ve ark., 1974; Reinitz, 1980). Antitripsin faktörünün azaltılmasına karşın %84 tam yağlı soya içeren rasyon tüketen gökkuşuğu alabalıklarında %34 balık unu, %20 soya içeren rasyon tüketenlere göre daha az canlı ağırlık kazancı sağlandığını bildirmişlerdir (Akyıldız, 1992). Pasifik salmon fingerlingleri ile yapılan besleme çalışmalarında, yemlerde %5'ten fazla soya küspesinin bulunması durumunda yem alımının azaldığı tespit edilmiştir (Fowler, 1980).

### 2.2.3. Ayçiçeği tohumu küspesi (ATK)

Ayçiçeği küspesinin ham protein içeriği işleme metoduna göre (kabuklu) %25, (kabuksuz) %50 arasında değişim gösterir. Aminoasitlerden lizin yetersiz, metiyonin ve arginin soya küspesinden daha yüksek orandadır (Korkut ve Hoşsu, 1998). Ayçiçeği küspesinin vitamin içeriği de genelde soya küspesinden daha yüksektir. Ayçiçeği küspesi gökkuşuğu alabalıklarında (*O. mykiss*) soyanın yerine iyi bir ikamedir. Buğday unu ve soya yerine ayçiçeği küspesi oranı artırıldığında yem değerlendirme ve büyüme performansında ters etkiler görülmediği bildirilmektedir. Yemlerde ayçiçeği tohumu küspesi oranı artırıldığında, yüksek selüloz içeriğinden dolayı kuru madde sindirilebilirliği düşmektedir (Hertrampf ve Pascual, 2000). Ayçiçeği tohumu küspesi ısıtma ile giderilebilen bir proteaz inhibitörü olan arginaz inhibitörü ve polifenolik tanen, klorojenik asit gibi endojen büyümeyi engelleyici faktörleri içerdiği bildirilmiştir. Bu bitkisel protein kaynağının yemlere yüksek düzeyde ilâve edilmesi durumunda ham selüloz içeriğinden dolayı yemin peletleme kalitesi azalabilmektedir. Kabuğu büyük ölçüde ayrılmış olan ayçiçeği tohumu küspesinin ham protein oranı %40 dolayında olmakta lizin yetersizliği tamamlanmak koşuluyla alabalık rasyonlarında balık ununun %60-70'i yerine kullanılabilir. Alabalık rasyonlarında balık ununun 1/6, 2/6, 3/6 ve 4/6 'sı yerine

ayçiçeği tohumu küspesi kullanılarak yapılan bir çalışmada karma yemlerin yem değerlendirme oranlarının sırasıyla 1,55, 1,62, 1,76 ve 2,02 olduğu görülmüştür. Lizin eksikliği tamamlanmış olan kabuksuz ATK'nın rasyondaki soya küspesinin tamamı yerine kullanılabilirliği bildirilmiştir (Akyıldız, 1992).

### 2.2.4. Pamuk Tohumu Küspesi

Protein içeriği kabuk miktarı ve elde edilme yöntemine bağlı olarak %29-42 arasında değişmektedir. Lizin, treonin, triptofan, metiyonin ve sistin'in biyolojik yararlılık düzeyi soya küspesinden daha düşüktür. Vitamin A ve E içeriği yeterlidir. Tiamin bakımından iyi bir kaynaktır. Genellikle toksik düzeyde gossipol içerir. Gossipolu uzaklaştırılmış olan pamuk tohumu küspesinin, soya küspesinin en çok % 80'i yerine, %40 dolayında ham protein içeren pamuk tohumu küspesinin ise balık ununun % 60'ı yerine kullanılabilirliği bildirilmiştir. Alabalık rasyonlarında balık ununun 1/6, 2/6, 3/6 ve 4/6'sı yerine pamuk tohumu küspesi kullanıldığında yemden yararlanma oranı sırasıyla 1,58, 1,62, 1,77 ve 2,02 olmuştur. Yüksek oranlarda kullanıldığında yağlanmaya neden olduğundan damızlık balıkların karma yemlerinde fazla miktarlarda kullanılmaması önerilmektedir (Hertrampf ve Pascual, 2000).

### 2.2.5. Kolza ve Kanola Küspesi

Kolza küspesinin ham protein oranı %35-39 arasında değişmektedir. Metiyonin ve sistin düzeyi oldukça yüksektir. Mineral maddece zengin bir küspe olup, özellikle yüksek düzeylerde fosfor, potasyum ve selenyum içermektedir. Yüksek oranda fitik asit ve ham selüloz içeriğine bağlı olarak fosforun yararlılığı düşüktür. Kolza küspesi esansiyel aminoasit içeriği soya küspesi ve ayçiçeği tohumu küspesine göre daha düşüktür. Kolza küspesinde yüksek oranda selüloz bulunduğu için sindirilebilir enerjisi oldukça düşüktür (Chee, 1991).

Son yıllarda bitki üreticileri düşük düzeylerde glikozit ve erüsik asit içeren yeni kolza tohumu çeşitleri elde etmişlerdir. Bu yeni çeşitlerden elde edilen küspe "**kanola**" küspesi

olarak adlandırılmıştır (Hertrampf ve Pascual, 2000). Kanola küspesi %34–38 protein, %4,5 yağ içermektedir. Kanola küspesi iyi bir iz element kaynağı olmasının yanı sıra birçok mineral bakımından da zengin olan soya küspesine göre iyi bir selenyum kaynağıdır.

Kanola küspesinin selüloz ve fitat içeriği de oldukça yüksektir (Bell, 1993). Coho salmonlarının (*Oncorhynchus kisutch*) yemlerine % 20 oranında kanola küspesi kullanıldığında başarılı sonuçlar alınmıştır. Chinook salmonlarının (*Oncorhynchus tshawytscha*) diyetteki proteinin %13-16'sı yerine kanola küspesi kullanılarak yapılan besleme çalışmasında büyüme performansında herhangi bir farklılığın gözlenmediği bildirilmiştir. Aynı balıklarla yapılan başka bir çalışmada ise yem proteininin %25'i yerine kanola küspesi kullanmanın (diyetteki glukosinolat miktarının kuru maddede 300 µmol/g) büyümede negatif bir etkiye yol açmadığı bildirilmiştir (Cheeke, 1991). Hardy ve Sullivan (1982), gökkuşuğu alabalıklarının yemlerine %0, %15 ve % 20 oranında kanola küspesi ilave etmiş ve canlı ağırlık kazancı ve yem değerlendirme oranının deneme grupları arasında farklılık göstermediği, ancak tiroid hormonlarının artışına ve tiroid hiperplazisine neden olduğunu bildirmişlerdir. Kanola küspesi genç gökkuşuğu alabalığı yemlerinde soya küspesi ya da balık ununun yerine kullanıldığında, büyümenin baskılandığı bildirilmiştir. Kanola küspesi temel alınarak hazırlanan yemlere arginin, lizin, çinko ve enerji ilavesi ile büyümeyi azaltan etkiler ortadan kaldırılmıştır. Kanola küspesi kullanıldığında kuru madde sindirilebilirliği düşmüştür (Hilton ve Slinger, 1986). Gökkuşuğu alabalığı yemlerinde yem proteininin %38'inin yerine kolza protein konsantrisinin büyüme üzerine herhangi bir etkisi olmaksızın kullanılabileceği bildirilmiştir (Teskeredzic ve ark., 1995). Burel ve ark., (2000), gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ve kalkan balıklarında (*Psetta maxima*) yaptıkları sindirilebilirlik denemesinde, kolza küspesine ısıtılmış işlem uygulamanın enerji ve kuru madde sindirilebilirliğini artırdığını, ısıtılmış işlem uygulanmadığında ise, kalkan balıklarında kuru madde (%57) ve enerji (%69) sindirilebilirliğini

azalttığını bildirmişlerdir. Kanola küspesinin 20 yılı aşkın bir süredir rutin olarak salmon ve alabalık yemlerinde yem ham maddesi olarak kullanıldığı, fitat ve selüloz içeriğine bağlı olarak besinlerin sindirilebilirliğinin azaldığı bu nedenle tavsiye edilen %20 düzeyinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Anonim, 2007b).

## 2.2.6. Enzimlerin Yemlere İlavesi

Yem ham maddelerinin bünyesinde bulunan sindirilemeyen kısımları sindirilme oranını artırmak ve dolayısıyla işletme karlılığını yükseltmek amacıyla enzimler, yeme uygulanır. Yemlere enzimlerin ilave edilme nedenleri; anti besinsel faktörlerin etkisini azaltmak (arabinoksilaz, β- glukan gibi), bazı besinlerin daha fazla absorbe edilebilmesi ve bazı yem ham maddelerinin enerji değerlerini arttırmaktır. Yemlerde enzimlerin başarı ile kullanılmaları ve hayvanlara yararlı olabilmesi için yemlere ilave edilmesi gereken oranın iyi bilinmesi gereklidir. Özellikle yüksek oranda, selüloz bileşikleri içeren tahıllarda enzimler başarı ile kullanılmaktadır. Yemlere enzim ilavesinin hayvanlara yararlı olması için birçok kurala düzenli bir şekilde uyulmalıdır. Örneğin; yeme lipaz ilavesi ile doymuş yağ absorpsiyonunda artış, ayrıca yemdeki spesifik substratları parçalayarak yemden yararlanmayı sağlayan arabinoksilazın nişasta olmayan polisakkaritleri parçalaması ile yağ sindiriminde gelişmenin sağlanması gibi. Enzim, yem üretimi sonrası yemde değişmeden kalmalı, tüketim sonrası en büyük yararı hayvanların barsaklarında sağlayabilmelidir. Sonuçta, hedef substrata uygun enzim ilavesi ile sağlanan yararlı etki aynı zamanda ilave edilen enzim oranıyla da ilişkilidir (Liang, 2000).

Thiessen, (2004), gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss*) ile yaptıkları çalışmada balık unu yerine farklı oranlarda kanola tohumundan enzimatik işlemlerle yağ ekstraktı sonucu elde edilen kanola protein konsantrisi ilave edilen yemlerle besleme sonucunda büyüme performansı bakımından gruplar arasında önemli farklılık oluşturmadığını belirtmişlerdir (P>0,05). Gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss*) yemlerine ticari enzim karışımı (Kemzyme)

ilavesinin büyüme performansı üzerine olumlu bir etkisi görülmemiştir (Deguara ve ark., 1999). Carter ve ark., (1994), 95 g'lık Atlantik salmonu (*S. salar*) ile yaptıkları çalışmada 340 g/kg soya küspesi ve 440 g/kg balık unu içeren bir yeme proteaz (tripsin-porcine); alkalın proteaz (*Bacillus sp.*); asit proteaz (*Rhizopterus sp.*) ve karbohidraz amilaz (malt), amilaz (bakteriyel) ve selülozdan oluşan (1g/kg) enzim karışımı ilave etmişlerdir. Yemlerine enzim eklenen grupta spesifik büyüme oranı ve yem değerlendirme oranı, yemlerine enzim eklenmeyen gruptan önemli düzeyde daha iyi bulunmuştur. Enzim ilaveli yemlerle beslenen balıklarda, enzim ilavesiz yemlere göre besin maddelerinin sindirilebilirliğinin arttığı ve performansın iyileştiği belirlenmiştir (Deguara ve ark., 1999).

### 2.3. Tek Hücre Proteinleri

Mikroorganizma hücrelerinin önemli oranda protein, aminoasit, karbonhidrat, vitamin vb. içermeleri nedeniyle, bunların insan ve hayvan yemi olarak kullanılması düşünülmüştür. İlk mikroorganizmanın keşfinden bu yana insanlar tek hücreli canlıları eklemek, şarap, ilaç yapımı gibi nedenlerle kullanılmışsa da bilinçli olarak bunun besin ve yem olarak kullanılması ve bu amaçla mikroorganizmaların üretimi yakın zamanlarda olmuştur. Tek hücre proteini eldesinde kullanılan ve denenilen tek hücreli canlılar algler, mantarlar, mayalar ve bakteriler olarak özetlenebilir. (Çetin, 1983, (Korkut ve Hoşsu,1998).

#### 2.3.1. Alglerin Tek Hücre Proteinini Kaynağı Olarak Kullanılması

Protein kaynağı olarak başvuru kaynaklardan mikroskobik tatlı su algleri basit besi yerlerinde hızla çoğalmaları, fotosentez yetenekleri ve yüksek protein içerikleri ile dikkatleri üzerlerinde toplamaktadırlar. Mikro algler tatlı sularda, sentetik besi yerinde kolay ürerler. Üreme koşullarına bağlı olarak içerdikleri maddelerin oranı değişik olup %16–70 oranında protein içerirler. Yüksek protein içermeleri nedeniyle insan ve hayvan besini

olarak kullanılmaktadırlar (Ötük ve Johansson, 1980).

#### 2.3.2. Mantarların (Fungus) Tek Hücre Protein Kaynağı Olarak Kullanılması

Tek hücre proteini eldesi için kullanılan küfler, B grubu vitaminler açısından oldukça zengin olup protein içerikleri de %30–60 oranında değişir. Küflerin elde edilmeleri oldukça zahmetli ve pahalı olduğundan besin kaynağı olarak kullanılması önceleri düşünülmemişse de son yıllarda küflerin kullanımı ile tek hücre proteini üretimi konusunda önemli çalışmalar yapılmıştır.

#### 2.3.3. Mayaların Tek Hücre Protein Kaynağı Olarak Kullanılması

Tarım alanında hayvan yemi olarak mayaların kullanıldığı bilinmektedir. Yalnızca içerdikleri B vitamininden yararlanmak amacıyla güden bu uygulamalarda yem içine ilave edilen maya oranı oldukça düşüktür. Ancak yüksek protein içerdikleri saptandıktan sonra mayaların protein kaynağı olarak kullanımına ait çalışmalar yoğunlaşmıştır. Genel olarak bileşiminde %50'den fazla protein içeren mayaların yalnız hayvanlar için değil, insanlar için de zengin protein kaynağı olduğu deneylerle kanıtlanmıştır. Besin maddesi olarak kullanılan kuru mayada; ham protein %45–60, karbonhidrat %25–35, ham yağ %4–7 düzeyinde bulunmaktadır.

#### 2.3.4. Bakterilerin Tek Hücre Protein Kaynağı Olarak Kullanılması

Birçok bakteri çok çeşitli substratlar üzerinde bol, kolay ve ucuza üretilebilirler. Çok sayıda patojen olmayan tür içermeleri, diğer mikroorganizmalar tarafından metabolize edilemeyen çeşitli substratları karbon ve enerji kaynağı olarak kullanmaları ve diğer mikroorganizmalara oranla süratle çoğalmaları bakımından ilgi çekicidir. Bazı türlerde protein miktarı kuru ağırlığın %70'ine kadar çıkan zengin aminoasit bileşimleri vardır (Çetin, 1983).

Yemlere bakteriyel protein unu ekleme çalışmaları alabalıklarda (Overland ve ark.,



2006), Atlantik salmonu ve pisi balıklarında çalışılmıştır (Aas ve ark., 2006).

Bakteriyel protein unu (BipProtein<sup>®</sup>, Norferm As, Stavenger, Norway) üretiminde kullanılan başlıca bakteri *M. capsulatus*'dur, bununla birlikte *Alcaligenes acidovorans*, *Bacillus brevis* ve *Bacillus firmus* da kullanılmaktadır. Metan, amonyak ve mineral kullanılarak çoğaltılan bakteri kültürünün sürekli kültür halinde hasatı yapılır, satrifüje edilir, sprey metotla kurutulur ve peletlenir (Aas ve ark., 2006). Yemlerdeki aminoasitlerin yararlarına rağmen yüksek oranlar (%10 gibi) gökkuşağı alabalığında yem tüketiminde azalmaya, büyüme ve yemin sindirilebilirliğinde olumsuz etkilere sebep olabilmektedir. Yemlerine bira mayası, otolize un, bakteriyel protein unu ilave edilerek beslenen gökkuşağı alabalıklarında sindirilebilirliğin olumsuz etkilenmediği, bildirilmiştir (Aas ve ark., 2006).

Aas ve ark., (2006)'nın gökkuşağı alabalıkları ile yaptıkları çalışmada kontrol yemlerine balık unu, deneme gruplarına balık unu yerine %9, %18 ve %27 oranında bakteriyel protein unu ve %9 oranında hidrolize biyoprotein kullanmışlardır. Deneme sonunda spesifik büyüme oranı, yem tüketimi ve yem değerlendirme, nitrojen çıkışı, amionoasit ve enerji parametrelerinde dikkate değer farklar görülmemiştir. Bakteriyel protein unu ilaveli yemlerle beslenen gruplarda nitrojen, enerji ve esansiyel aminoasit sindirilebilirliği daha düşük bulunmuştur. Øverland ve ark., (2006), tarafından gökkuşağı alabalıkları (*O. mykiss*) ile yapılan çalışmada, yüksek kaliteli balık unu, bakteriyel protein unu ve otolize bakteriyel protein ununun besin maddesi sindirilebilirlik değerleri karşılaştırılmış, nişasta sindirilebilirliği otolize bakteriyel protein unu ilaveli yemle beslenen grupta, kontrol ve bakteriyel protein unu ile beslenen gruba göre en düşük bulunmuştur. Yemlerde bakteriyel protein unu ve otolize bakteriyel protein ununun oranları arttıkça nitrojen, toplam aminoasit, bazı esansiyel ve esansiyel olmayan aminoasitlerin sindirilebilirliği azalmaktadır. Gökkuşağı alabalıkları (*O. mykiss*) yemlerinde yüksek kaliteli balık unu yerine 250 g kg<sup>-1</sup> ham protein oranında bakteriyel protein unu ve otolize bakteriyel protein unu ilave edilebileceği bildirilmektedir.

### 3. SONUÇ

2006'da balık ununun en büyük tüketicileri karidesler, deniz balıkları, salmon, alabalık olmuştur. 1995–2006 periyodunda kedi balığı dışında yetiştiriciliği yapılan bütün türlerde balık unu kullanım oranı azalmıştır.

Kültür balığı yemlerinde balık unu ve balık yağı oranlarında rapor edilen düşüşün temel nedeni 2000 yılından beri balık unu ve balık yağı fiyatlarındaki artıştır. Balık unu fiyatları Temmuz 2005–2006 arasında 2 kat artarak 694 \$'dan 1379 \$'a yükselmiştir. Balık yağı fiyatı ise Mart 2007–2008 arasında iki kat artarak 894 \$'dan 1700 \$'a çıkmıştır. Bu fiyat artışına çeşitli faktörler sebep olmuştur; Balık unu ve balık yağı üretiminin artmaması, büyük ithalatçı ülkelerde özellikle Çin'de hayvancılık sektörü ve kültür balıkçılığı için balık unu ve balık yağına yüksek talep, başlıca yağların (kolza, soya, hurma yağı), petrol ve enerji fiyatlarının tüm dünyada artışıdır (Tacon ve Metian, 2008). Gelecekte su ürünleri yemleri yapımında balık unu yanı sıra farklı kaynaklar kullanılması kaçınılmazdır (Pike ve Barlow, 2003, Hardy, 2006). Yemlere ilave edilen alternatif protein kaynaklarının avantajları yanı sıra çeşitli dezavantajları da vardır. Örneğin yemlere ilave edilen yağlı tohumlar çeşitli antibesinsel özellikleri yüzünden dezavantaj oluşturmaktadır, bunlar glikosinolatlar, fitik asit, tanen, sinapın, erüsik asit ve diğerleridir bu etkilerin giderilmesi için ham maddeleri çeşitli işlemlerden geçirmek, yemlere enzim ilave etmek gibi çözümler üretilmeye çalışılmaktadır. Buradan elde edilecek başarı kültür balıkçılığının büyümeye devam etmesinde etkili olacaktır. Geri dönüşüm ürünlerinin yemlerde kullanımı konusunda da bir takım sorunlar yaşanmaktadır, en önemli sorun bu ürünlerin yüksek kül içeriği yüzünden yemin sindirilebilirliğini düşürmesidir, bu problem aşıldığı takdirde geri dönüşüm ürünleri (et-kemik, kanatlı artıkları vb.) yemlerde daha yüksek oranda balık unu ikamesi olarak kullanılabilecektir (Hardy, 2000). Diğer bir alternatif ürün olan tek hücre proteinleri ucuz olmaları ve yüksek miktarda elde edilebilme kolaylıklarının yanı sıra yemlerde yüksek oranda bulduklarında sindirim problemleri oluşmakta bu da yemde kullanım oranını

sınırlandırmaktadır. Günümüzde yapılan çalışmalar bu dezavantajları minimum seviyeye indirmeyi amaçlamaktadır. Gerek alabalık yetiştiriciliğinde gerekse diğer kültür balıklarının yetiştiriciliğinde alternatif protein kaynakları ile ilgili çalışmalar devam etmelidir, kültür balıkçılığının geleceği bu çalışmaların başarı ile sonuçlanmasına bağlıdır.

## KAYNAKLAR

- Aas, T.S., Heatlen, B., Helland, B.G., Terjesen, B.F., McKellep, A.M.B., Helland, S.J. 2006. Effects of diests containing a bacterial protein meal on growth and feed utilisation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 261:357-368.
- Akyıldız, A.R. 1992. Balık Yemleri ve Teknolojisi, Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yay. No. 1280, Ders Kitabı No. 336: 192 Ankara.
- Anonim, 2007a. The State Of World Fisheries and Aquaculture. Food And Agriculture Organization, Fisheries and Aquaculture Department. Rome. 162 pp.
- Anonim, 2007b. [www.Canola-council.org](http://www.Canola-council.org)
- Anonim, 2008. [www.soystats.com](http://www.soystats.com)
- Barlow, S. 2000. Fishmeal and fish oil. *The Advocate*, 3(2):85-88.
- Bell, J.M. 1993. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. *Canadian Journal Animal Science*, 73: 679-697.
- Burel, C., T. Boujard, T., Tulli, F., Kaushik S.J. 2000. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 188: 285-298.
- Carter, C.G., Holulihan, D.f., Buchanan, B., Mitchell, A. 1994. Growth and feed utilization efficiencies of Seawater Atlantik salmon (*Salmo salar*) L. fed, a diet containing suplamentary enzymes. *Aquaculture Fisheries Man*, 25: 27-46.
- Cheeke, P.R. 1991. *Applied Animal Nutrition Feeds and Feeding*, MacMillian Publishing Company, New York, N.Y.
- Cho, C.Y., Barley, H.S., Slinger, S.J. 1974. Partial replacement of herring meal with soybean meal and other changes in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 31: 1523-1528.
- Çetin, E.T., 1983. Endüstriyel Mikrobiyoloji, İstanbul Tıp Fak. Vakfı- Bayda Yayını, 1. Baskı.
- Deguara, S.; Jauncey, K.; Feord, J., Lopez, J. 1999. Growth and feed utilization of gilthead sea bream *Sparus aurata* fed diets with supplementary enzymes. *Ciheam/Iamz*, 37:195-215.
- Fowler, L.G. 1980. Substitution of soybean and cottonseed products for fish meal in diets fed to chinook and coho salmon. *Prog. Fish-Cult.*, 42:87-91.
- Gilbert, R. 2002. Protein sources for the animal feed industry. Expert Consultation and Workshop Bangkok, 29 April-3 May 2002 FAO Rome, 2004
- Hardy, R.W. 1996. Evaluating oil seed protein for finfish diests. *Feed International*, February.
- Hardy, R.W. 2000. New development in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements. *Simposium Internacional de Nutricion Merida*, Yucatan, Mexico
- Hardy, R.W. 2006. Worldwide Fish Meal Production Outlook and the Use of Alternative Protein Meals for Aquaculture. En:Editores:Suarez, L.E.C., Marie, D.R., Salazar, M.T., Lopez, M.G.N., Cavazos, D.A.V. *Avances en Nutricion Acuicola VIII*. 15-17 Noviembre. Mexcio. ISBN 970-694-333-5
- Hardy, R.W., Sullivan, C.V. 1982. Canola meal in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) productions diets, *Can. J. Fish.Aquat. Sci.*, 40:281-286.
- Hertramf, J W., Pascual, F.P. 2000. *Handbook On Ingredients For Aquaculture Feeds*. Kluwer Academic Published, Dortrech, Boston, London, 573p.
- Hilton, J.W., Slinger, S.J. 1986. Digestibility and utilization of canola meal in practical-type diets for rainbow trout. *Can. Fish Aqua. Sci.*, 43: 1149-1155.
- Korkut, A.Y., Hoşsu, B. 1998. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi II. E.Ü. Su Ür. Fak. Yay. No: 54, 250 s. Bornova, İzmir.

- Korkut, A.Y., Yıldırım, Ö. 2003. Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliği ve yetiştiricilikte alternatif yem kaynakları. E.Ü Su Ür. Der., Cilt 20, Sayı 1-2: 247-255.
- Liang, D. 2000. Effect of enzyme supplementation on the nutritive value; of canola meal for broiler chickens. M.Sc. Thesis, The University of Manitoba, 123p.
- Morales, A.E., Cardenete, G., De la Higuera, M., Sanz, A. 1994. Effects of dietary protein source on growth, feed conversion and energy utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 124:117-126.
- New, M.B. 2003. Responsible aquaculture: is this a special challenge for developing countries? World Aquaculture 34 (3):26
- Pike, I.H. Barlow, S.M. 2003. Impact of fish farming on fish stocks. International Aquafeed Directory, 24-29.
- Overland, M., Romarheima, O.H., Hovin, M., Storebakken, T., Skrede, A. 2006. Apparent total tract digestibility of unprocessed and extruded diets containing basic and autolyzed bacterial protein meal grown on natural gas in mink and rainbow trout. Animal Feed Science and Technology 129: 237-251
- Ötük, G. Johansson, C. 1980. Alglerden tek hücre proteini eldesi, Sempozyum 3, Kükem.
- Reinitz, G. 1980. Soybean meal as a substitute for herring meal in practical diets for rainbow trout. Prog. Fish Cult., 42:103-106.
- Sevgili, H. Ertürk, M.M. 2004. Effects of replacement of fishmeal with poultry by-product meal on growth performance in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Akdeniz Ün. Ziraat Fakültesi Dergisi 17(2): 161-167.
- Skonberg, D.I., Hardy, R.W., Barrows, F.T., Dong, F.M. 1998. Color and flavor analysis of fillets from farm-raised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-phosphorus feeds containing corn or wheat gluten. Aquaculture, 166: 269-277.
- Sugiura, S.H., Dong, F.M., Rathbone, C.K., Hardy, R.W. 1998. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. Aquaculture, 159: 177-202.
- Tacon, A.G.J., Jackson, A.J. 1985. Utilization of conventional and unconventional protein source in practical fish feeds. In: C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell (Eds.). Nutrition and Feeding in Fish. Academic pres. Harcourt Brace Jovanovich Publisher. London. 1985:119-145.
- Tacon, A.G.J. and I.P. Forster. 2000. Global trends and challenges to aquaculture and aquafeed development in the new millennium. International Aquafeed Directory and Buyers Guide 2001. 4-25. Turret RAI, Uxbridge, Middlesex, UK.
- Tacon, A.G.J., Hasan, M.R., Subasinghe, R.E. 2006. Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trend and policy implications. FAO Circular No. XXX, Rome, 100 pp.
- Tacon, A.G.J., Meitan, M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture, 285: 148-158.
- Teskeredzic, Z., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S., McBride, J.R., Hardy, R.W., Beames, R.M., Jones, J.D., Simell, M., Vaara, T., Bridges, R.B. 1995. Assessment of undephytinized and dephytinized rapeseed protein concentrate as sources of dietary protein for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 131: 261-277.
- Thiessen, D.L. 2004. Optimization of feed peas, canola and flaxseed for aqua feeds: the Canadian prairie perspective. In: Cruz Suarez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto Lopez, M.G., Villarreal, D., Scholtz, U.Y., Gonzalez, M., Avances en Nutricion Acuicola VII. Memorias del VII. Simposium Internacional de Nutricion Acuicola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, Mexico.

- Yanık, T., Aras, M.S. 1999. Mezbaha yan ürünleri unlarının gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavru yemlerinde balık unu yerine kullanılmalarının ekonomik analizi. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 23; Ek Sayı 1:155-160.
- Yanık, T., Dabrowski, K., Bai, S.C. 2003. Replacing fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. The Israeli Journal of Aquaculture. Bamidgeh 55(3):179-186.
- Yiğit, M., Erdem, M., Koshio, S., Ergün, S., Türker, A. Karaali, B. 2006. Substituting fish meal with poultry by-product meal in diets for black sea turbot *Psetta maotica*. Aquaculture Nutrition. 12:34-347.