

## Balık yemlerinde alternatif hammadde kaynağı: Kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözüdür maddeleri (DDGS)

Baki AYDIN<sup>1\*</sup>, Erkan GÜMÜŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 07058, Antalya, Türkiye

**Öz:** Kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözüdür maddeleri (DDGS), başta mısır olmak üzere buğday, arpa ve sorgum gibi tahıllarda veya karışımlarında bulunan şekerin enzim ve mayalarla fermentasyonundan sonra karbondioksitin ve etanolün ayrılması neticesinde geriye kalan kısmın kurutulması ile elde edilen bir yem hammaddesidir. Yüksek enerji ve orta düzey protein içeriği, nispeten düşük fosfor oranı ve düşük maliyetiyle su ürünleri yem sektöründe kullanılabilen önemli bir alternatif yem hammadde kaynağıdır. DDGS, birçok bitkisel protein kaynağında olan anti besinsel madde içermemesi nedeniyle de dikkat çekmektedir. Mısırdan elde edilen DDGS genel olarak, %22-37 arasında ham protein, %3-15 arasında ham yağ, %2-5 ham kül, %5-11 ham selüloz ve düşük oranda nişasta (%4-9) içeriğine sahiptir. Yüksek miktarda doymamış yağ asidi (%86,7), linoleik asit %59, linolenik asit %7,8, DHA %0,14 ve düşük miktarda doymuş yağ asidi (%13,6) içermektedir. Ayrıca %3,9 oranında maya, %7,6 oranında  $\beta$ -glukan içermesi sayesinde balıkların bağışıklık sistemine olumlu katkı sağladığı ve patojen organizmalara karşı direnci artırdığı bildirilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Alternatif protein kaynağı, Besleme, DDGS, Hammadde, Yem

### Alternative feed ingredients in fish diets: Distiller's dried grains with solubles

**Abstract:** Distillers dried grains with solubles (DDGS) is the result of the separation of carbon dioxide and ethanol after fermentation of the sugars found in the grains. DDGS is an important alternative feed raw material that can be used in the aquaculture feed due to its high energy and medium protein content, relatively low phosphorus ratio and low cost. DDGS is also attracting attention due to the lack of anti-nutritional substances in many plant protein sources. Corn DDGS generally has between 22-37% crude protein, 3-15% crude fat, 2-5% crude ash, 5-11% crude cellulose and low starch (4-9%) content. DDGS contains high amount of unsaturated fatty acids (86.7%), linoleic acid 59%, linolenic acid 7.8%, DHA 0.14% and low amount of saturated fatty acids (13.6%). It is also reported that fish contain 3.9% of yeast and 7.6% of  $\beta$ -glucan contribute positively to the immune system of the fish and increase resistance to pathogenic organisms.

**Keywords:** Alternative protein sources, Nutrition, DDGS, Feed ingredient, Feed.

### GİRİŞ

Su ürünleri sektöründe tam kontrollü yetiştiriciliğin artmasıyla birlikte, yetiştiriciliği yapılan türlerin yaşam koşullarına, gelişim evrelerine ve fizyolojik işlevlerine göre hazırlanmış karma yemlere duyulan gereksinim giderek artmaktadır. Bu artış, balık yemi üretim sanayisini, dünya tarım ticareti içinde en fazla büyüyen sektör konumuna getirmiştir (Hardy, 2010). Ancak, yetiştiricilik sektörünün gelişmesini sınırlandıracak en önemli faktörlerden birisi, yüksek yem giderleri olup, su ürünleri yetiştiricilik sektöründe işletme maliyetinin %50 den fazlasını oluşturmaktadır (Aydın, 2010). Balık yemi maliyetinin artmasına da neden olan başlıca hammadde kaynağı balık unu olup, yemlerde yüksek oranlarda kullanılmaktadır (Aydın, 2010). Üretim ve yüksek fiyat açısından sınırlayıcı faktör olan balık unu, sürdürülebilir bir üretim için balık yemi sanayisinin durumda bırakılmaktadır (Aydın, 2010). Bu nedenle, balık ununun yemlerdeki kullanım oranının azaltılması amacıyla alternatif hammadde kaynaklarının tespit edilmesi ve kullanım olanaklarının belirlenmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (Aydın ve Gümüş, 2013).

Yemlerde kullanılan bazı hammadde kaynaklarının pahalı olması, protein içeriği ve besin madde sindirilebilirliklerinin düşük olması, antibesinsel madde içermesi, balık açısından albenisinin az olması ve dengesiz amino asit içeriği gibi nedenlerden dolayı balık yemlerinde istenilen seviyelerde kullanılamamaktadır. Bu bakımdan tahıl kaynaklarından fermentasyon işlemi sonrasında yan ürün olarak elde edilen kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözüdür maddelerinin (DDGS) kanal yayın *Ictalura punctatus* (Robinson ve Li, 2008; Li ve ark., 2011b; Li ve ark., 2012), Nil tilapia *Oreochromis niloticus* (Shelby ve ark., 2008; Abo-

State ve ark., 2009; Li ve ark., 2011a), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Cheng ve Hardy 2004a,b; Øverland ve ark., 2013), tatlısu levreği *Perca flavescens* (Schaeffer ve ark., 2011), mercan balıkları *Pagrus major* (Choi ve ark., 2014) yemlerinde alternatif protein kaynağı olarak kullanılabilen bildirilmektedir. DDGS'nin fiyatı (2014 Kasım ayı kg fiyatı 0,56 ₺), balık unu (2014 Kasım ayı kg fiyatı 3,81 ₺) ve soya küspesi (2014 Kasım ayı kg fiyatı 1,30 ₺) gibi protein kaynaklarına göre oldukça düşüktür (Hardy, 2010; Anonim, 2015). Balık yemlerinde kullanılan soya küspesi, patates protein konsantresi gibi bitkisel protein kaynaklarının balıkların bağırsak histomorfolojisinde istenmeyen etkilere neden olduğu bildirilmektedir (Krogdahl ve ark., 2003; Tusche ve ark., 2011). Özellikle bitkisel protein kaynaklarında bulunan antibesinsel maddelerin (nişasta yapısında olmayan polisakkaritler, allerjenler, glukosinolatlar, saponinler, tanninler, lektinler ve proteaz inhibitörleri) yemde kullanılması ile balıkların bağırsak ve karaciğer yapısı üzerine olumsuz etkisinin olduğu bildirilmektedir (Krogdahl ve ark., 2003).

Bu derlemede, diğer bitkisel protein kaynaklarına göre daha ucuz ve daha az oranda antibesinsel madde içeren etanol endüstrisi yan ürünü olan DDGS'nin üretim aşaması, üretim miktarı, besin madde içeriği ve fiziksel özelliği sunulmuştur.

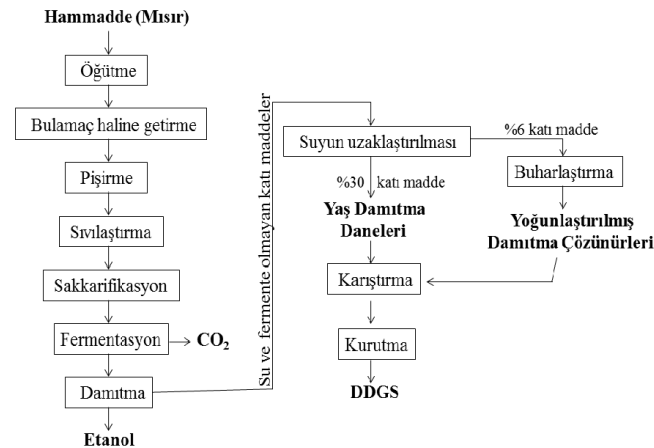
### DDGS üretim aşaması;

DDGS başta mısır olmak üzere buğday, arpa ve sorgum gibi tahıllarda veya karışımlarında bulunan şekerin enzim ve mayalarla fermentasyonundan sonra karbondioksitin ve etanolün ayrılması sonucu

geriye kalan kısmın kurutulması ile elde edilmektedir (Li ve ark., 2011a; Magalhães ve ark., 2015). Etanol üretiminde kuru ve yaş işleme olmak üzere 2 farklı teknoloji kullanılmaktadır (Singh ve ark., 2001).

Yaş işleme yöntemi genellikle büyük firmalar tarafından tercih edilmekte olup daha fazla ekipman ve yatırım maliyeti gerektirmektedir. Bu yöntemde başlangıçta tahıl nişasta ve diğer bileşenler olmak üzere ayrılma, sonrasında ise nişasta etanole dönüşmektedir.

Kuru işleme yöntemi ise yaş işleme yöntemine göre daha az ekipman ve yatırım masrafı gerektirdiğinden genellikle bölgesel fabrikalarda tercih edilen bir yöntemdir. Kuru işleme yönteminde tahılın tamamı fermentasyon işlemine sokulmakta, tahılın içindeki kabuk-öz maddelerin ayrılması amaçlı ön işlem yapılmamaktadır. Kuru işleme yönteminde 100 kg mısırdan yaklaşık olarak 34,4 L etanol, 34 kg karbondioksit ve 31,6 kg DDGS elde edilmektedir (Chevananve ark., 2005; RFA, 2005). Her iki yöntemde de fermente olmayan kısım DDGS olarak kullanılmaktadır. Daha çok kuru yöntemin tercih edildiği etanol tesislerinde ilk aşama, tahıl tanelerinin partikül boyutunun öğütme işlemi ile küçültülmesidir. Öğütülmüş tahıla su ve alfa-amilaz enziminin ilavesiyle pişirilerek nişastanın kısa zincirli dekstrine dönüşmesi sağlanır. Soğutulmuş karışıma ikinci enzim glucoamilaz ilave edilerek dekstrinin şekere dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Elde edilen şeker daha sonra biyoetanol üretimi için maya *Saccharomyces cerevisiae* yardımı ile fermentasyona tabi tutulmaktadır (Øverland ve ark., 2013). Asiditesi pH 4 ve 33 °C sıcaklıkta yaklaşık 48-72 saat süren fermentasyon işleminden sonra açığa çıkan karbondioksit ayrılır ve daha sonra distilasyon işlemi ile etanol alınarak pazara sunulur (Liu ve Rosentrater, 2012). Etanol ve karbondioksitin ayrılması sonrasında fermentasyona uğramayan ve geriye kalan tahıl parçalarının içeriğindeki maya hücreleriyle beraber kurutulması (126-621°C) sonrası DDGS açığa çıkarılmaktadır (Salim ve ark., 2010) (Şekil 1)



Şekil 1. Kuru işleme yönteminde DDGS üretim akış şeması (Liu ve Rosentrater, 2012).

Figure 1. Dry mill ethanol process (Liu ve Rosentrater, 2012).

### DDGS'nin üretim miktarı;

Fosil yakıt kaynaklarının hızla azalmasından dolayı yenilenebilir, düşük maliyetli ve güvenli alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Biyoetanol dünya çapında ulaşım sektöründe yaygın olarak kullanılan alternatif bir enerji kaynağı olup üretimi her geçen gün artmaktadır. Alternatif yem hammadde kaynaklarından DDGS'nin üretimi, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) etanol endüstrisinin gelişmesiyle hızla artmaktadır. ABD'de DDGS üretim miktarı 2004-2005'de 10,2 milyon ton, 2006-2007'de 16,4 milyon ton iken bu miktar 2009-2010 yıllarında hızlı bir artış ile 35,3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Lim ve ark., 2011; Li ve ark., 2012). 2011 yılında ABD'de 52,6 milyar litre etanol ile 30 milyon ton DDGS üretimi gerçekleştirilmiştir (RFA, 2011). 2012 yılında ise ABD'deki 200'den fazla etanol tesisindeki DDGS üretim miktarının 34,4 milyon ton olduğu bildirilmiştir (RFA, 2013). ABD'de ve Avrupa Birliği'nin bütün üye ülkelerinde yenilenebilir yakıtların belirli oranlarda kullanımı konusunda zorunluluk getirilmiş ve buna bağlı olarak 2020 yılında yakıtların %20'sinin tahıl kaynaklarından üretilmesi hedeflenmiştir.

ABD'de 200'den fazla etanol ve DDGS üretim tesisi varken, ülkemizde ise mısırdan üretim yapan iki etanol tesisi bulunmaktadır. Ülkemizde yem endüstrisinin talebi doğrultusunda uzun yıllar boyunca değişik miktarlarda DDGS ithalatı yapılmıştır (Tablo 1). Ülkemizde tüketilen yakıt miktarı göz önüne alındığında, gelecekte DDGS üretiminin önemli seviyeye geleceği öngörülmektedir.

Tablo 1. Türkiye'nin yıllara göre DDGS ithalat miktarı (ton/yıl)

Table 1. Turkey's imports of DDGS (ton/year)

Yıl	Miktar	Yıl	Miktar
2006*	330 069	2011/2012*	121 633
2007*	323 923	2012/2013*	298 111
2008*	521 855	2013/2014*	236 022
2009*	445 614	Eylül 2014/Şubat 2015*	344 152
2010*	505 955	Eylül 2015/Şubat 2016*	218 207

\* Anonim (2011); \* ABD'den ithal edilen miktar, Anonim (2016).

### DDGS'nin besin madde içeriği;

Mısırdan elde edilen DDGS genel olarak %22 - %37 arasında ham protein, %3 - %15 arasında ham yağ içeriği ve çoğu bitkisel protein kaynaklarında bulunan antibesinsel maddelerin olmayışı ile dikkat çekmektedir (Lim ve Yıldırım-Aksoy, 2008; Lim ve ark., 2011). Etanol üretimi sonrasında DDGS'nin bazı besin madde değerinin (protein, yağ, vitamin ve mineral maddeler) mısırdan besin madde değerlerine göre yaklaşık üç kat daha fazla olduğu bildirilmektedir (Spiehsve ark., 2002). DDGS genel olarak %86- %93 kuru madde, %22- %37 ham protein, %3- %15 ham yağ, %2- %5 ham kül, %5- %11 ham selüloz ve düşük oranda nişasta (%4- %9) içeriğine sahiptir (Tablo 2) (Rosentrater ve Muthukumarappan, 2006). İyi kalitedeki DDGS genellikle %28'in üzerinde ham protein içermektedir (Meriç, 2010). DDGS'nin içeriğindeki nişasta miktarı düşük olup nişastanın fermentasyon etkinliğine ve etanole dönüşümüne bağlı olarak %2 ile %9 arasında değişmektedir. Mısır içeriğindeki nişastanın şekerleştirilmesi ve şekerin etanole dönüşümü DDGS'nin besin değerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi olup işletmeler arasında farklılık görülebilmektedir. DDGS'nin besin madde içeriği, üretimi yapılan işletmelere ve üretim teknolojisi gibi birçok etkene bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Belyea ve ark., 2004; Robinson ve Li, 2008; Abo-State ve ark., 2009; Schaeffer ve ark., 2011). İşletmeler arasındaki teknolojik farklılıklara, tahıl türüne (Belyea ve ark., 2004; Chevanan ve ark., 2005), tahıl kalitesine, tahılın üretim zamanı ve yerine (Belyea ve ark., 2004; Belyea ve ark., 2010), pişirme sıcaklığı ve süresine (Liu ve Rosentrater, 2012), maya miktarına (Salim ve ark., 2010), fermentasyon işlemine ve nişastanın etanole dönüşüm oranına (Lim ve ark., 2011), kullanılan çözümlerin kalitesine ve kurutma sıcaklığına bağlı olarak DDGS'nin besin kalitesinde değişiklik görülebilmektedir (Abo-State ve ark., 2009).

Spiehs ve ark., (2002), 10 farklı etanol tesisinden aldığı 118 farklı DDGS'nin ortalama %88,9 kuru madde, kuru madde üzerinden %30,2 ham protein, %10,2 ham yağ, %5,8 ham kül ve %8,8 ham selüloz içerdiğini bildirmişlerdir. Belyea ve ark., (2004), mısırdan ve mısırdan elde edilen DDGS'nin besin madde içeriğinin yıllara göre değiştiğini ve mısır ile DDGS besin madde içeriği arasında pozitif bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada 235 farklı mısırdan elde edilen DDGS'nin besin madde değerlerini kuru madde üzerinden incelemişler ve ortalama %31,3 (%28,3 - %33,3) ham protein, %11,9 (%10,9 - %12,6) ham yağ, %4,6 (%4,3 - %5,0) ham kül, %5,1 nişasta ve %10,1 (%9,6 - %10,6) ham selüloz değerlerini bulmuşlardır. Salim ve ark., (2010), 395 farklı DDGS'nin analizi sonucunda ortalama ham protein değerinin %27,15 (%23,87 - %30,41) olduğunu bildirmişlerdir. Meriç (2010) tarafından yapılmış araştırma sonucunda, toplam 52 adet DDGS örneğinin ortalama besin madde kompozisyonu kuru madde üzerinden %28,29 ham protein, %9,69 ham yağ, %7,54 ham selüloz, %5,14 ham kül ve %7,85 nem değerine sahip olduğunu tespit etmiştir. Yukarıdaki çalışmalarda görüldüğü üzere DDGS'nin besin madde içeriğinin değişken olduğu bildirilmektedir.

DDGS'nin esansiyel amino asit değerleri incelendiğinde lizin %0,5 - %1,1, metiyonin %0,5 - %0,8 arasında olduğu bildirilmektedir (Tablo 3). DDGS'nin esansiyel amino asit değerleri balık unu ve soya küspesi ile karşılaştırıldığında düşük olduğu görülmektedir (Cheng ve Hardy, 2004a; Lim ve Yıldırım-Aksoy, 2008) (Tablo 3). Han ve Liu, (2010), DDGS'deki esansiyel amino asitlerden arjinin %1,16 - %1,40, histidin %0,82 - %1,02, izolösin %0,91 - %1,25, lösin %3,18 - %3,91, lizin %0,88 - %1,15, metiyonin %0,65 - %0,76, fenilalanin %1,37 - %1,76, treonin %1,06 - %1,26, valin ise %1,40 - %1,80 arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Tablo 3). Üretim esnasındaki kurutmadan kaynaklanan olumsuzluklardan dolayı DDGS'nin lizin içeriği ve sindirilebilirliğinin olumsuz etkilenebileceğini bildirmişlerdir. Nispeten açık renkli DDGS'deki lizin miktarı ve sindirilebilirliğinin koyu renkli DDGS'ye göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Salim ve ark., 2010; Liu ve Rosentrater, 2012). Bu nedenle balık yemlerinde DDGS'nin protein kaynağı olarak kullanılırken esansiyel amino asit değerlerine, özellikle lizin miktarına dikkat edilmesi gerektiği bildirilmektedir. Balık yemlerinde yüksek miktarlarda DDGS kullanıldığı zaman diğer yem içeriklerine bağlı olarak yeme dışarıdan amino asit ilavesi önerilmektedir (Chevanan ve ark., 2005).

**Tablo 2.** Mısır, balık unu, soya küspesi ve DDGS besin madde içerikleri  
**Table 2.** Chemical composition of corn, fish meal, soybean meal and DDGS

	Mısır <sup>1</sup>	BU <sup>2</sup>	SK <sup>2</sup>	DDGS					
				Min-Mak <sup>3</sup>	Ort <sup>3</sup>	Min-Mak <sup>4</sup>	Ort <sup>4</sup>	Min-Mak <sup>5</sup>	Ort <sup>5</sup>
NS	1	1	1	118	118	17	17	395	395
KM	89,0	88,4	86,9	87,2-90,2	88,9	-	86,0	91,5-85,8	89,90
HP	8,5	65,1	46,7	28,7-31,6	30,2	23,0-30,0	27,0	23,9-30,4	27,15
HY	3,8	10,9	1,0	10,2-11,4	10,9	4,2-10,6	8,8	7,8-12,2	10,67
HK	1,4	11,5	6,8	5,2-6,7	5,8	3,9-5,4	4,4	2,6-6,6	4,54
HS	2,2	0,4	3,9	8,3-9,7	8,8	5,1-8,1	6,6	5,1-10,6	6,21

BU: Balık unu; SK: Soya küspesi; DDGS: Kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddeleri; Min: Minimum; Mak: Maksimum; Ort: Ortalama; NS: Numune sayısı; KM: Kuru madde; HP: Ham protein; HY: Ham yağ; HK: Ham kül; HS: Ham selüloz.

Değerler kuru madde üzerinden ve % olarak verilmiştir.

<sup>1</sup>NRC (1994), <sup>2</sup>Aydın ve Gümüş, (2013), <sup>3</sup>Spiehs ve ark., (2002), <sup>4</sup>Batal ve Dale, (2006), <sup>5</sup>Salim ve ark., (2010).

**Tablo 3.** Mısır, balık unu, soya küspesi ve DDGS amino asit içerikleri  
**Table 3.** Amino acid content of corn, fish meal, soybean meal and DDGS

Parametre*	Mısır <sup>1</sup>	BU <sup>2</sup>	SK <sup>2</sup>	DDGS <sup>3</sup>	DDGS <sup>4</sup>	DDGS <sup>1</sup>	DDGS <sup>5</sup>
NS	1	1	1	118	8	1	3
Arjinin	0,43	4,12	2,56	1,20	1,09	1,34	1,29
Histidin	0,27	1,94	1,28	0,76	0,69	0,79	0,91
İzolösin	0,29	3,70	1,96	1,12	0,97	1,12	1,03
Lösin	1,09	5,76	3,08	3,55	3,05	3,43	3,50
Lizin	0,30	7,60	3,11	0,85	0,71	0,89	1,04
Metiyonin	0,17	1,49	3,59	0,55	0,54	0,53	0,72
Fenilalanin	0,44	2,61	1,82	1,47	1,31	1,49	1,50
Treonin	0,34	3,25	1,71	1,13	0,96	1,14	1,17
Valin	0,44	5,49	2,09	1,50	1,33	1,51	1,56

BU: Balık unu; SK: Soya küspesi; DDGS: Kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddeleri; NS: Numune sayısı.

\*Ortalama değerler, kuru madde üzerinden % şeklinde verilmiştir.

<sup>1</sup>Belyea ve ark., (2010), <sup>2</sup>Aydın ve Gümüş, (2013), <sup>3</sup>Spiehs ve ark., (2002), <sup>4</sup>Batal ve Dale, (2006), <sup>5</sup>Han ve Liu, (2010).

Mısırdan elde edilen DDGS yağ içeriği yaklaşık olarak %10 civarında olup doymamış yağ asitleri (%86,7) bakımından zengindir. Özellikle linoleik asit (C18:2n-6) %55,7 oranında, linolenik asit (C18:3n-3) %7,8 oranında ve DHA ise %0,14 oranında yağ asitleri içermektedir (Belyea ve ark., 2010). DDGS yağ asitlerinden palmitik asit (C16:0) %14,9, stearik asit (C18:0) %2,3, oleik asit (C18:1) %25, linoleik asit (C18:2) %49, linolenik asit (C18:3) %1,8 ve araşidonik asit (C20:0) %0,39 oranında içerdiği bildirilmektedir (Martinez-Amezcuca ve ark., 2007). Liu ve Rosentrater, (2012), DDGS'nin linoleik asit (18:2n-6) değeri %53,96 - %56,53 arasında, oleik asit (C18:1) değeri %25,25 - %27,15 arasında, palmitik asit (C16:0) değeri %13,25 - %16,41 arasında olduğunu bildirmişler. Yine Liu ve Rosentrater, (2012), DDGS'nin düşük seviyede stearik asit (C18:0) %1,80 ile %2,34 arasında ve linolenik asit (18:3n-3) %1,15 ile %1,40 arasında içerdiğini bildirmişlerdir. Martinez-Amezcuca ve ark., (2007), dört farklı üretim uygulaması sonucunda oluşan DDGS hammaddesinin ham yağ oranlarının değiştiğini, ancak yağ asit profilinin değişmediğini rapor etmişlerdir.

DDGS yeterli miktarlarda vitamin ve mineral madde içeriğine sahiptir (Hertrampf ve Piedad-Pascual, 2000) (Tablo 4 ve Tablo 5). DDGS'nin vitamin ve mineral madde içeriği, diğer besin maddelerinde olduğu gibi tahıl kaynağına bağlı olarak değişmektedir (Lim ve ark., 2011). Ham tahıla göre DDGS'de riboflavin, niasin, pantotenik asit, folik asit ve kolin miktarı minimum üç kat artmaktadır (Hertrampf ve Piedad-Pascual, 2000; Lim ve ark., 2011). DDGS yüksek seviyede vitamin A, niasin, kolin ve minarel maddelerden fosforun kullanılabilirliği ile dikkat çekmektedir (Lim ve ark., 2011). NRC (1993), DDGS'nin manganez miktarını 22,8 mg/kg, demir miktarını 236 mg/kg, bakır miktarını 52,8 mg/kg, çinko miktarını 80 mg/kg, sülfür miktarını %0,35, magnezyum miktarını %0,16, potasyum miktarını %0,40, fosfor miktarını %0,66 ve kalsiyum miktarını %0,14 olarak rapor etmişlerdir. Batal ve Dale, (2003) 12 farklı DDGS üzerinde yaptığı analiz sonucunda, DDGS'de manganez miktarı 22 mg/kg, demir miktarı 149 mg/kg, aliminyum miktarı 56 mg/kg, bakır 10 mg/kg, çinko miktarı 61 mg/kg ve sodyum miktarının %0,09 - %0,44 arasında olduğunu ve bu değerlerin tahıl kaynağına ve üretim teknolojisine bağlı

olarak değişiklik gösterebildiğini bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada, üç yıl boyunca yapılan inceleme sonucunda DDGS'de kalsiyum miktarının %0,01 - %0,38 arasında değiştiği, ortalama değer ise %0,04 olduğu bildirilmiştir (Salim ve ark., 2010). Salim ve ark., (2010)'nin bulgularında DDGS'de fosfor miktarı %0,48 - %0,91 arasında değiştiği bildirilmektedir. Buradan DDGS'nin fosfor içeriğinin balık ununa (%1,7 - %4,2) göre daha az olduğu anlaşılmaktadır (NRC, 1993, Batal ve Dale, 2003). Balık ununa göre daha düşük seviyede fosfor içeren DDGS'nin balık yemlerinde kullanılmasının çevreye bırakılacak atık fosfor miktarının azaltılmasına katkı sağlayacağı bildirilmektedir (Cheng ve Hardy, 2004b). DDGS fosfor içeriğinin diğer bitkisel hammaddelere göre daha yüksek olması, büyük çoğunluğu fitat formunda olan fosforun üretim esnasında fermantasyon sonucu açığa çıkarak ve sindirimi kolay hale gelmektedir. Cheng ve Hardy, (2004b), yaptıkları çalışmada mısırdan elde edilen DDGS'nin fosfor sindirilebilirliğinin yüksek olduğunu (%81,8), bunun nedeninin DDGS'nin üretim esnasındaki fermantasyon teknolojisinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

**Tablo 4.** DDGS'nin vitamin kompozisyonu.**Table 4.** Vitamin content of DDGS.

Vitaminler	DDGS <sup>1</sup>	DDGS <sup>2</sup>
Biotin (mg/kg)	1,0	0,8
Kolin (mg/kg)	2548	2551
Folik asit (mg/kg)	0,7	0,9
Niasin (mg/kg)	88,5	72
Pantotenik asit (mg/kg)	2,4-4,0	2,9
Piridoksin (mg/kg)	4,6	5,0
Riboflavin (mg/kg)	8,4	8,3
Tiamin (mg/kg)	5,9	2,8
Vitamin E (mg/kg)	40,7	39,1
Vitamin A (IU/kg)	1363	-
Vitamin D (IU/kg)	600	-

<sup>1</sup>Rosentrater ve Muthukumarappan, (2006), <sup>2</sup>NRC (1993).

**Tablo 5.** DDGS'nin mineral kompozisyonu  
**Table 5.** Mineral content of DDGS

	DDGS <sup>1</sup>	DDGS <sup>2</sup>	DDGS <sup>3</sup>	DDGS <sup>4</sup>
Numune sayısı	118	12	395	3
Kalsiyum (%)	0,06 (0,03-0,13)	0,29 (0,01-0,71)	0,04 (0,01-0,38)	0,04 (0,03-0,05)
Fosfor (%)	0,89 (0,70-0,99)	0,68 (0,50-0,77)	0,76 (0,48-0,91)	0,87 (0,84-0,93)
Potasyum (%)	0,94 (0,69-1,06)	0,91 (0,67-0,99)	0,91 (0,76-1,20)	1,14 (1,07-1,24)
Magnezyum (%)	0,33 (0,25-0,37)	0,28 (0,21-0,33)	-	0,34 (0,32-0,36)
Sülfür (%)	0,47 (0,33-0,74)	0,84 (0,45-1,10)	-	0,68 (0,60-0,79)
Sodyum (%)	0,24 (0,12-0,51)	0,25 (0,09-0,44)	0,17 (0,04-0,33)	0,26 (0,22-0,29)
Çinko (mg/kg)	97,5 (44,7-312,0)	61 (44-88)	57,3 (44,6-71,2)	65,2 (63,4-67,3)
Manganez (mg/kg)	15,8 (10,7-21,3)	22 (9-48)	10,4 (6,2-18,9)	15,8 (14,6-18,0)
Bakır (mg/kg)	5,9 (4,7-7,69)	10 (3-18)	3,9 (2,2-6,2)	5,55 (5,0-6,1)
Demir (mg/kg)	119,8 (75,3-156,4)	149 (67-325)	81,5 (61,6-116,7)	21,5 (17,5-26,6)

Değerler yaş ağırlık üzerinden Ortalama (Minimum-Maksimum) olarak verilmiştir.

<sup>1</sup>Spiehs ve ark., (2002), <sup>2</sup>Batal ve Dale, (2003), <sup>3</sup>Salim ve ark., (2010), <sup>4</sup>Liu ve Han, (2011).

Etanol üretimi sırasında fermantasyon aşamasında *Saccharomyces cerevisiae* türü maya kullanılmakta olup yan ürün olarak elde edilen DDGS'nin protein içeriği mısır ve maya proteininden oluşmaktadır (Lim ve Yıldırım Aksoy, 2008; Han ve Liu, 2010, Lim ve ark., 2011; Øverland ve ark., 2013). Han ve Liu, (2010), DDGS protein içeriğinin %20'sinin maya proteininden, %80'nin ise mısır proteininden oluştuğunu bildirmişlerdir. DDGS'de bulunan maya içeriğindeki nükleik asitler, mannanoligosakkaritler, β-glukan, B kompleks vitaminleri ve diğer hücre duvarı bileşenleri balıklarda immün sistemin gelişmesi, hastalıklara direncin ve yaşama oranının artması gibi olumlu etkilere neden olmaktadır (Li ve ark., 2011b; Lim ve ark., 2011; Liu ve Rosentrater, 2012; Øverland ve ark., 2013, Choive ark., 2014). Ayrıca; bu bileşenlerin yem alımı ve besin sindirilebilirliğini artırıcı etkisiyle büyümeyi iyileştirmektedir (Thiessen ve ark., 2003). Lim ve Yıldırım-Aksoy, (2008), bu olumlu etkiler DDGS içeriğindeki mayadan kaynaklandığını, DDGS'nin %3,9'unun, toplam DDGS protein miktarının ise %5,3'ünün maya proteininden oluştuğunu bildirmişlerdir. Kuru madde üzerinden %32 ham protein içeren DDGS'deki β-Glukan miktarının 5,7 g/kg olarak tespit edildiği bildirilmiştir (Shelby ve ark., 2008). Maya hücrelerinin β-Glukan miktarı %7,6 ve nükleik asit miktarı ise %5 - %12 arasındadır (Thiessen ve ark., 2003). Mayada bulunan β-Glukan, mannanoligosakkarit ve nükleik asit maddelerinin balıklar üzerinde prebiyotik etkisinin olduğu, balıkların bağırsak morfolojisinde olumlu etkiler görülmektedir (Li ve ark., 2011b).

#### DDGS'nin fiziksel özellikleri;

DDGS'nin fiziksel özelliklerinden nem miktarı DDGS'nin mikrobiyal bozulma ve raf ömrü açısından önemlidir. Nem miktarı genellikle %10 - %12 arasında ya da daha düşük oranda olabilmektedir (Liu ve Rosentrater, 2012). DDGS'nin boyut, şekil, görünümü ve yoğunluğu ürünün elde edilmesi sırasındaki uygulanan prosedüre göre farklılık gösterebilmektedir. Yoğunluğu ise 389-630 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmekte olup yapılan bir çalışmada depolama kapasitesi ve taşıma maliyeti açısından bu değer önemlidir (Liu ve Rosentrater, 2012). DDGS'nin fiziksel özelliklerinden rengi açık sarıdan koyu kahverengiyeye kadar değişiklik gösterebilmektedir. Kullanılan tahıl kaynağına, uygulanan öğütme işlemine, fermantasyon ve kurutma işlemine bağlı olarak ürünün renginde ve kokusunda değişiklik olabileceği bildirilmiştir. Kurutma işleminde geçen süre, kurutma hızı, kurutucudaki sıcaklık derecesi ve kurutucudan geçen miktar ürün renginin değişmesinde etkili olmaktadır. Genellikle DDGS'nin üretimi sırasında sıcaklık derecesinin yüksek olması ve sistemde kalma süresinin uzaması ürünün renginin koyu olmasına neden olmaktadır (Lim ve ark., 2011; Schaeffer ve ark., 2011). DDGS'nin renginin koyu ya da açık olması besin madde durumu ve amino asit sindirilebilirliği hakkında bize ön bilgi verebilmektedir (Batal ve Dale, 2006). Kanatlılarda yapılan çalışmalarda koyu renkli mısırdan elde edilen DDGS'nin besin miktarının daha düşük olduğu bildirilmektedir (Fastinger ve ark., 2006). Açık renkli ürünlerde lizin amino asidinin sindirilebilirliği koyu renkli ürünlere göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Lim ve Yıldırım-Aksoy, 2008; Lim ve ark., 2011). DDGS'nin kurutulması sırasında sıcaklık derecesi oldukça önemlidir. Yüksek sıcaklık (315 °C) işleminin uygulandığı üretimde DDGS'nin protein kalitesinin düştüğü ve başta lizin amino asidi olmak üzere diğer amino asitler üzerine olumsuz etkisinin olduğu ifade edilmektedir (Fastinger ve ark., 2006; Fontaine ve ark., 2007). DDGS'nin kurutma işleminin yapıldığı sistemin (otoklav, fırın ya da otoklav + fırın) lizin miktarında önemli değişikliğe neden olabilmektedir (Fontaine ve ark., 2007). Kingsly ve ark., (2010), HunterLab renk ölçüm cihazı ile 4 farklı DDGS üzerinde yaptıkları ölçümde L\* değeri 49,03 - 54,21 arasında, a\* değeri 8,78 - 11,33 arasında, b\* değeri 24,72 ile 26,50 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Kingsly ve ark., (2010)'nın DDGS rengi üzerindeki ölçüm değerlerine benzer olarak Liu ve Rosentrater, (2012), L\* değerini 36,56 - 50,17 arasında, a\* değerini 5,20 - 10,79 arasında ve b\* değerini ise 12,53 ile 23,50 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Fastinger ve ark., (2006), DDGS'nin L\* değeri ile lizin sindirilebilirliği arasında orta düzeyde

(r<sup>2</sup>= 0,52), Batal ve Dale, (2006) ise yüksek düzeyde (r<sup>2</sup>= 0,87) korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Fastinger ve ark., (2006), 6 farklı DDGS üzerinde yaptığı araştırmada lizin miktarının %0,48 - %0,76 arasında değiştiğini, en az lizin miktarının en koyu renkli DDGS'de olduğunu bildirmişlerdir. Batal ve Dale, (2006), Liu ve Rosentrater, (2012) kanatlı yemlerinde DDGS kullanılmadan önce DDGS'nin renge bakılarak (Minolta renk ölçüm cihazı ile) kalitesi ve amino asit sindirilebilirliği hakkında hızlı ve güvenilir bir fikir edinilebileceğini ifade etmişlerdir.

DDGS'de bulunan ksantofil miktarı (10,6 - 34,0 mg/kg) tahıl kaynağına bağlı olarak değişiklik gösterebilmekte ve balık etinde sarı pigmentasyona neden olabilmektedir (Lim ve ark., 2011). Salim ve ark. (2010), üç yıl boyunca inceledikleri 16 değişik DDGS'nin ksantofil miktarının 23,26 - 54,40 mg/kg arasında ve ortalama 36,72 mg/kg olduğunu, karoten miktarının ise 4,64 - 16,97 mg/kg arasında ve ortalama 8,58 mg/kg olduğunu saptamışlardır. DDGS'nin balık etinin rengine olan etkisi üzerine yapılmış çalışmalar kısıtlı olup, balık eti rengini etkileyebileceği bildirilmiştir (Lim ve ark., 2011)

#### SONUÇ

DDGS, ortalama %27 - 30 ham protein ve %8 - 11 oranında yüksek ham yağ içeriği ile dikkat çekmektedir. DDGS'nin fiyatı (2014 Kasım ayı: 0,56 ₺/kg), balık unu (2014 Kasım ayı: 3,81 ₺/kg), soya küspesi (2014 Kasım ayı: 1,30 ₺/kg) ve diğer hammadde kaynaklarına göre uygundur. Ayrıca, diğer bitkisel hammadde kaynaklarına göre düşük oranda antibesinsel madde içermesi nedeniyle sürdürülebilir bir yetiştiricilik yapılabilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ülkemizde, DDGS'nin üretiminin artmasıyla su ürünleri yem sektöründe ilave bir hammadde kaynağı olabileceği düşünülmektedir. Buradan yola çıkarak;

- Diğer bitkisel protein kaynaklarına göre daha az oranda antibesinsel madde içermesi, yem hammaddesi olarak kullanılma potansiyelini artırmaktadır,
- Besinsel yeterliliğinin yüksek olması, yem maliyetinin düşürülmesine yardımcı olabilir,
- Su ürünleri yetiştiriciliğindeki yaygın türlerin yemlerinde kullanım potansiyellerine dönük ilave çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Açıklayıcı Bilgi:** Bu çalışma, birinci yazarın doktora tezinin bir bölümünden hazırlanmıştır.

#### KAYNAKLAR

- Abo-State HA., Tahoun AM. and Hamouda YA., (2009).** Effect of replacement of soybean by DDGS combined with commercial phytase on Nile tilapia. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 5 (4), 473-479.
- Anonim, (2011).** Türkiye İstatistik Kurumu Dış Ticaret İstatistikleri Veritabanı, <http://www.tuik.gov.tr>.
- Anonim, (2015).** Türkiye Yem Sanayicileri Birliği İstatistikleri. <http://www.yem.org.tr/İstatistikler>.
- Anonim, (2016).** Market data. <https://www.grains.org/market-data/feed-grain-exports-in-all-forms#jsoncontent> (2 Mayıs 2016).
- Aydın B., (2010).** Tilapia (*Oreochromis niloticus*) yavru yeminde tavuk kesim atıkları ununun balık unu yerine kullanımı olanakları. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 72s.
- Aydın B. and Gümüş E., (2013).** Replacement of fishmeal by poultry by-product meal, supplemented with lysine, methionine, and threonine, in diets for fry of Nile tilapia (*O. niloticus*). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 65, 1-7.

- Batal A. and Dale N., (2003).** Mineral composition of distillers dried grains with solubles. *The Journal of Applied Poultry Research*, **12**, 400-403.
- Batal AB. and Dale NM., 2006.** True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *Journal of Applied Microbiology*, **15** (1), 89-93.
- Belyea RL., Rausch KD., Tumbleson ME., (2004).** Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology*, **94** (3), 293-298.
- Belyea, R.L., Rausch, K.D., Clevenger, T.E., Singh, V., Johnston, D.B. and Tumbleson, M.E. (2010).** Sources of variation in composition of DDGS. *Animal Feed Science and Technology*, **159**, 122-130.
- Cheng ZJ. and Hardy RW., (2004a).** Effects of microbial phytase supplementation in corn distiller's dried grain with solubles on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*, **15**, 83-100.
- Cheng ZJ. and Hardy RW., (2004b).** Nutritional value of diets containing distiller's dried grain with solubles for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*, **15**, 101-113.
- Chevanan N., Rosentrater KA. and Mutjukurappan K., (2005).** Utilization of distillers dried grains for fish feed by extrusion technology-a review. ASAE Annual International Meeting, Paper Number 056025, Tampa, Florida.
- Choi J., Rahman M. and Lee S., (2014).** Rice distillers dried grain is a promising ingredient as a partial replacement of plant origin sources in the diet for juvenile red seabream (*Pagrus major*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **27**, 1736-1743.
- Fastinger ND., Latshaw JD. and Mahan DC., (2006).** Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. *Poultry Science*, **85**, 1212-1216.
- Fontaine J., Zimmer U., Moughan PJ. and Rutherford SM., (2007).** Effect of heat damage in an autoclave on the reactive lysine contents of soy products and corn distillers dried grains with solubles. Use of the results to check on lysine damage in common qualities of these ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **55**, 10737-10743.
- Han J. and Liu K., (2010).** Changes in composition and amino acid profile during dry grind ethanol processing from corn and estimation of yeast contribution toward DDGS proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **58**, 3430-3437.
- Hardy RW., (2010).** Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, **41**, 770-776.
- Hertrampf JW. and Piedad-Pascual F., (2000).** Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Kluwer Academic, Norwell, Massachusetts.
- Kingsly ARP., Ileleji KE., Clementson CL., Garcia A., Maier DE., Strohshine RL. and Radcliff S., (2010).** The effect of process variables during drying on the physical and chemical characteristics of corn dried distiller's grains with solubles-Plant scale experiments. *Bioresource Technology*, **101**, 193-199.
- Krogdahl Å., Bakke-Mckellep AM. and Baeverfjord G., (2003).** Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo solar* L.). *Aquaculture Nutrition*, **9**, 361-371.
- Li E., Lim C., Cai C. and Klesius PH., (2011a).** Growth response and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing different levels of wheat distiller's dried grains with solubles with or without lysine supplementation. *Animal Feed Science and Technology*, **170**, 246-255.
- Li MH., Oberle DF. and Lucas PM., (2011b).** Evaluation of corn distillers dried grains with solubles and brewers yeast in diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Aquaculture Research*, **42**, 1424-1430.
- Li E., Lim C., Kelsius P. and Cai C., (2012).** Enhancement effects of dietary wheat distiller's dried grains with solubles on growth, immunity, and resistance to *Edwardsiella ictaluri* challenge of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, **43**, 814-827.
- Lim C. and Yıldırım-Aksoy M., (2008).** Distillers dried grains with solubles as an alternative protein source in fish feeds. Pages 67-82 in Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Tilapia in Aquaculture, October 12-14, Egypt.
- Lim C., Li E. and Klesius PH., (2011).** Distiller's dried grains with solubles as an alternative protein source in diets of tilapia. *Reviews in Aquaculture*, **3**, 172-178.
- Liu K. and Rosentrater KA., (2012).** Distillers Grains: Production, Properties, and Utilization. CRC Press, 540 pp, Abingdon, England.
- Magalhães R., Coutinho F., Pousão-Ferreira P., Aires T., Oliva-Teles A. and Peres H., (2015).** Corn distiller's dried grains with solubles: apparent digestibility and digestive enzymes activities in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) and meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture*, **443**, 90-97.
- Martinez-Amezcuca C., Parsons CM., Singh V., Srinivasan R. and Murthy GS., (2007).** Nutritional characteristics of corn distillers dried grains with solubles as affected by the amounts of grains versus solubles and different processing techniques. *Poultry Science*, **86**, 2624-2630.
- Meriç Ş., (2010).** Mısırdan elde edilmiş DDGS'lerin bazı kalite ve risk kriterleri yönünden incelenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 42s.
- NRC., (1993).** Nutritional Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- NRC., (1994).** Nutrient Requirements of Poultry. 9th Review Edition, The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- Øverland M., Krogdahl Å., Shurson G., Skrede A. and Denstadli V., (2013).** Evaluation of distiller's dried grains with solubles (DDGS) and high protein distiller's dried grains (HPDDG) in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **416-417**, 201-208.
- RFA., (2005).** Homegrown for the Homeland: Ethanol Industry Outlook. Renewable Fuels Association. [http://www.ethanolrfa.org/objects/pdf/outlook\\_2005.pdf](http://www.ethanolrfa.org/objects/pdf/outlook_2005.pdf).
- RFA., (2011).** Ethanol Industry Outlook. Renewable Fuels Association. Washington DC. <http://www.ethanolrfa.org/pages/annual-industry-outlook>.
- RFA., (2013).** U.S. Fuel Ethanol Industry Biorefineries and Production Capacity. Renewable Fuels Association. Washington DC. <http://www.ethanolrfa.org/industry/locations/>
- Robinson EH. and Li MH., (2008).** Replacement of soybean meal in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diets with cottonseed meal and distiller's dried grains with solubles. *Journal of the World Aquaculture Society*, **39**, 521-527.
- Rosentrater KA. and Muthukumarappan K., (2006).** Corn ethanol co-products: generation, properties, and future prospects. *International Sugar Journal*, **108**, 648-657.
- Salim HM., Kruk ZA. and Lee BD., (2010).** Nutritive value of corn distillers dried grains with solubles as an ingredient of poultry diets: A review. *World's Poultry Science Journal*, **66**, 411-432.
- Schaeffer TW., Brown ML. and Rosentrater KL., (2011).** Effects of dietary distillers dried grains with solubles and soybean meal on extruded pellet characteristics and growth responses of juvenile yellow perch. *North American Journal of Aquaculture*, **73**, 270-278.
- Shelby RA., Lim C., Yıldırım-Aksoy M. and Klesius PH., (2008).** Effect of distillers dried grains with solubles incorporated diets on growth, immune function and disease resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, **39**, 1351-1353.
- Spiehs MJ., Whitney MH. and Shurson GC., (2002).** Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, **80** (10), 2639-2645.
- Thiessen DL., Campbell GL. and Tyler RT., (2003).** Utilization of thin distillers solubles as a palatability enhancer in rainbow trout diets containing canola meal or air-classified pea protein. *Aquaculture Nutrition*, **9**, 1-10.
- Tusche K., Wuertz S., Susenbeth A. and Schultz C., (2011).** Feeding fish according to organic aquaculture guidelines EC 710/2009: Influence of potato protein concentrates containing various glycoalkaloid levels on health status and growth performance of rainbow trout. *Aquaculture*, **319**, 122-131.

Geliş tarihi: 01.12.2016

Kabul tarihi: 13.12.2016

\*Başlıca Yazar Yazışma adresi:

Arş.Gör. Baki AYDIN

Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 07058, Antalya, Türkiye.

E-mail: bakiaaydn@yahoo.com