



Kanola Yağı İçeren Yemlerle Beslenen Avrupa Deniz Levreği (*Dicentrarchus labrax* L.)'nin Sindirim Kanalı Boşaltım Süresinin Belirlenmesi

Hatice Asuman YILMAZ

Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik ABD, Çukurova Üniversitesi, 01330, Balcalı/ADANA

<https://orcid.org/0000-0002-5627-034X>

✉: ayilmaz@cu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) yemlerinde kullanılan, balık yağına ikame olarak, üç farklı oranda (0, 50 ve 100) kanola yağı (Kanola, K) içeren yemlerle (20.4 g) 10 hafta boyunca vücut ağırlıklarının %2'si olacak şekilde beslenmiştir. Besleme denemesinden sonra, her tanka (500 L) 20 adet levrek (78.6 ± 3.58 gram) üç tekerrürlü olarak stoklanmıştır. Sindirim kanalının boşaltım süresinin belirlenmesi için, örneklemeden önce bireyler 72 saat aç bırakılarak sindirim sisteminin tamamen boşaltılması sağlanmıştır. Örnekleme başlamadan önce tüm balıklar tek öğün "ad libitum" olarak beslenmiştir. Her deneme grubundan 0., 8., 16., 24., 32. ve 48. saatlerde tesadüfi olarak 9 adet balık örneklenmiş ve sindirim kanalında mide, ön bağırsak ve son bağırsak olmak üzere üç farklı bölgede kalan yemler tespit edilmiştir. Mide, ön bağırsak ve bağırsaklardaki en kısa boşaltım sürelerinin sırasıyla 32.2; 60.9 ve 50.4 saat ile K0 grubunda (%0 kanola yağı) olduğu bulunmuştur, en uzun sürenin ise sırasıyla 41.9; 101.3 ve 70.2 saat ile K100 (%100 kanola yağı) grubunda olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Deneme sonunda ulaşılan veriler, yem içerisinde balık yağına ikame olarak kullanılan kanola yağı oranının artması ile boşaltım sürelerinin doğrusal olarak tüm sindirim sisteminde uzadığını ve levrek yemlerinde bu yağın yem formülasyonlarında yüksek oranlarda kullanımını sınırlandıracakları göstermiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 18.11.2019

Kabul Tarihi : 17.01.2020

Anahtar Kelimeler

Alternatif yağ kaynakları

Kanola yağı

Mide boşaltım süresi

Sindirilebilirlik

Determination of Gastric Evacuation Time for European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with Feeds Containing Canola Oil

ABSTRACT

In this study, European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) (20.4) was fed 2%BW for 10 weeks with three different diets containing 0, 50 and 100 of canola oil (Canola, K), as replacement to fish oil. For this purpose, 20 sea bass (78.6± 3.58 grams) (500 L) were stocked in each tank in triplicate. For the determination of the GET, the individual was left fasted for 72 hours before sampling to ensure complete digestion of the digestive tract. Apart from these fasting periods, the individuals were fed "ad libitum". Nine fish were randomly sampled at 0., 8., 16., 24., 32. and 48. hours from each experimental group and the digestive tract were examined in three different sections: the stomach, the anterior and the posterior intestine. The shortest gastric evacuation time (GET) in the stomach, anterior and posterior intestines were found as 32.2, 60.9 and 50.4 h in K0 (0%K) group, while longest as 41.9, 101.3 and 70.2 h in 100-group, respectively. Final data showed that the increase of the ratio of canola used as a substitute to fish oil in the feed, GET was linearly extended in the whole digestive system and this will limit the use of this plant oil source in feed formulations at high rates.

Research Article

Article History

Received : 18.11.2019

Accepted : 17.01.2020

Keywords

Alternative oil

Canola oil

Gastric evacuation time

Digestibility

GİRİŞ

Günümüzde su ürünleri yetiştiriciliği için üretilen ticari balık yemlerinde yaygın olarak balık yağı kullanılmaktadır. Balık yağı üretiminin sadece avcılık yoluyla elde edilen balık kaynaklarına bağlı olduğu, artan talep karşısında ihtiyacı karşılayamadığı ve balık yağı fiyatlarında artışa sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, son 20 yılda ticari balık yemlerinde balık yağına alternatif yağ kaynaklarının araştırılması üzerine oldukça fazla çalışma yapılmıştır (Nikzad ve ark., 2012; Xu ve ark., 2012). Bu çalışmalar, balık yağına alternatif en uygun ham maddelerin bitkisel yağlar olduğunu ve farklı oranlarda ticari yemlerde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir (Gunstone, 2010). Tocher ve ark. (2003), yem içerisinde dengeli bir şekilde amino asit ve esansiyel yağ asitlerinin sağlanmasıyla tatlı su türlerinin yemlerinde balık yağının tamamen ve deniz türlerinde ise yaklaşık %60-70'e kadarının bitkisel yağlarla değiştirilebileceği ve bu değişim oranlarının büyümeyi olumsuz yönde etkilemeyeceğini belirtmişlerdir. Sindirim süresi ve oranı balıkların iştahı ile doğrudan ilgili olduğundan günlük yem alımını etkileyen bir etmendir (Riche ve ark., 2004). Midenin boşalma süresi (MBS) ile ilgili bilgi, balığın beslenme oranı, yemlerin enerji bütçesi ve günlük yem tüketim miktarının tahmin edilmesinde hem saha hem de laboratuvar çalışmaları için temel bir faktördür (Kawaguchi ve ark., 2007; Das ve ark., 2014). Sindirim kanalı boşaltım süresi, hayvanlarda bir besinin sindirilmesi için gerekli zaman hakkında bilgi verir. Sindirim kanalının boşaltım süresini etkileyen pek çok etmen vardır. Mide boşaltım oranı; sıcaklık, balık ağırlığı, yem boyutu, yem içeriği ve beslenme sıklığıyla da ilişkilidir (Grove ve Grawford, 1980; Jobling, 1981; Jobling, 1987; Persson, 1981; Hofer ve ark., 1982; Holmgren ve ark., 1983). Midenin boşalma hızı zamanla üssel olarak değişmekte olup, mide doluluğuna bağlı olarak üretilen pepsin ve asit miktarı ile değişkenlik göstermektedir. Yemin pelet veya ekstrüde işlemlerinin mide boşaltım süresini direk etkilediği ve ekstrüde olarak üretilen yemin mide boşaltımının yaklaşık 2 kat daha uzun sürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca, yemin içeriği ile balıkların tür farklılığı sindirim kanalının boşalma süresini etkilemektedir. (Adamidou ve ark., 2009; Nikolopoulou ve ark., 2011). Bugüne kadar mide boşaltım oranı ile ilgili yapılan çalışmalarda çeşitli modeller oluşturularak balıkların doğal ortamdaki beslenme alışkanlıklarının araştırılması ve alternatif hammaddelerin kullanıldığı durumlarda, balıklarda sindirim süresi ve sindirilebilirliği nasıl etkilediğinin belirlenebilmesi üzerine odaklanılmıştır.

Bitkisel yağların türü ve yem içerisindeki oranı yemlerin sindirim kanalından geçiş hızını, dolayısıyla da yemin sindirilebilirliğini etkilediği için, her yağ kaynağının ilgili balık türünde sindirilebilirlik üzerine

etkilerinin araştırılması önem arz etmektedir. Venou ve ark., (2003) ortalama 44.5 g ağırlığındaki çipuralarda mide boşaltım süresinin kullanılan ekstrüde yeme bağlı olarak 3.8 saat ile 8.5 saat arasında değişiklik gösterdiğini belirlemişlerdir. Ayçiçeği ve soya fasulyesi gövde lifleri ile hazırlanmış yemlerle beslenen levreklerde diyetlerdeki lif seviyesinin yükselmesi mideyi boşaltmak için gereken süreyi arttırıyor gibi görünse bile, sindirim geçişi süresini etkilemediğini bulmuşlardır (Bonvini ve ark., 2018).

Literatürde yemlerde kanola yağı kullanımının Avrupa deniz levreğinde sindirim kanalı boşaltım süresi üzerine etkileri ile ilgili herhangi bir araştırılmaya rastlanmamıştır. Bu amaçla levrek balığı yemlerine farklı oranlarda kanola yağı ilavesinin, balıklarda ki mide boşaltım sürelerini etkileyen faktörlerin ortaya konularak, sindirim kanalı boşaltım sürelerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Yapılan çalışma Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yumurtalık Deniz Balıkları Araştırma İstasyonu'nda gerçekleştirilmiştir. Ortalama ağırlıkları 3-4 g olan Avrupa deniz levreği, *Dicentrarchus labrax*, yavruları Akuvatur (Tuzla, Adana) isimli kuluçkahaneden alınarak işletme koşullarına alıştırmak ve deneme başlangıç ağırlığına kadar büyütülmek üzere 4 tonluk dairesel fiberglas tanklara stoklanmıştır. Deneme boyunca, tankların içerisine kabaca filtre edilmiş, deniz suyu girişi 3 Ldk¹. olarak ayarlanmış, ve tanklardaki çözünmüş oksijen seviyesi 6 mgL⁻¹'nin altına düşmeyecek şekilde sürekli olarak bir hava motoru ile havalandırılmıştır.

Besleme denemesinde, balık yağına ikame olacak şekilde, üç farklı oranda kanola yağı ilave edilmiş (%0, 50 ve 100) yemler ile 10 hafta boyunca beslenen balıklar (20.4 gram) kullanılmıştır (Çizelge 1). Besleme denemesinin ardından her bir tanka (500 L) 18 adet Avrupa deniz levreği (78.6±3.58 gram) stoklanmıştır. Sindirim kanalı boşaltım süresinin belirlenmesi için yapılacak örneklemelerden önce bireyler 72 saat aç bırakılarak sindirim sisteminin tamamen boşalması sağlanmıştır. Bu süreler dışında, balıklar "ad libitum" olarak beslenmiştir. Çalışmadaki her bir deneme grubu üç tekerrürlü yürütülmüştür. Her gruptan 0., 8., 16., 24., 32. ve 48. saatlerde tesadüfi olarak her tanktan üç adet balık (n=3, N= 9), yoğun anestezi (0.6 mL.L⁻¹ 2-phenoxyethanol) (Mylonas, ve ark., 2005) kullanılarak örneklenmiştir. Örneklemeler için seçilen zaman aralıkları Finstad (2005)'e göre belirlenmiştir. Balıkların sindirim sisteminde bulunan yemlerin, anestezi sonrasında geri çıkarmasını önlemek amacıyla özofagus ve anüs açıklıklarına pens

yardımıyla pamuk ile kapatılmıştır. Kapatılan pamuk parçası özofagusun mideye olan bağlantısının olduğu yere dikkatlice yerleştirilmiştir (Pérez-Casanova ve ark., 2009).

Örneklemelerin hemen ardından balıklar ayrı poşetler içerisinde -20°C'lik derin dondurucuda saklanmıştır. Analizler öncesinde derin dondurucudan çıkartılan balıklar çözümleri için oda sıcaklığında bekletilmiştir. Laboratuvar analizleri için öncelikle

balıkların ağırlıkları alınmış, sonrasında disekte edilerek sindirim sistemleri mide, ön bağırsak ve son bağırsak olmak üzere üç farklı bölüme ayrılmıştır. Daha sonra mide, ön bağırsak ve son bağırsak içerikleri çıkartılarak, daraları önceden alınmış olan krozelere aktarılmıştır. Yaş ağırlıkları belirlenen mide, ön bağırsak ve son bağırsak içerikleri, etüv içerisinde 105°C'de 24 saat bekletilerek kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Çizelge 1. Deneme yemlerinin formülasyonu (g.kg⁻¹) ve besin madde bileşenleri (%).

Table 1. *Ingredients (g.kg⁻¹) and proximate composition (%) of diets formulated.*

Yem Hammaddeleri (g.kg ⁻¹) <i>Feed Ingredients</i>	K0	K50	K100
Balık Unu ^a (<i>Fish Meal</i>)	450	450	450
Mısır Gluteni ^b (<i>Corn Gluten</i>)	225	225	225
Dekstrin ^b (<i>Dextrin</i>)	130	130	130
Balık yağı ^a (<i>Fish Oil</i>)	100	50	0
Kanola Yağı ^c (<i>Canola Oil</i>)	0	50	100
KMS (Karboksi Metil Selüloz) ^d <i>CMC</i> (<i>Carboxy Methyl Cellulose</i>) ^d	47	47	47
DKF (Di Kalsiyum Fosfat) ^d <i>DCP</i> (<i>Di Calcium Phosphate</i>) ^d	23	23	23
Mineral Karışımı ^a (<i>Mineral Mix</i>)	15	15	15
Vitamin Karışımı ^a (<i>Vitamin Mix</i>)	10	10	10
Besin Maddeleri İçeriği (%) <i>Proximate Composition (%)</i>			
Nem (<i>Moisture</i>)	11.4±0.2	11.2±0.7	11.6±0.3
Ham Protein (<i>Crude Protein</i>)	48.3±0.6	48.3±1.1	48.1±0.7
Ham Yağ (<i>Crude Lipid</i>)	18.4±0.2	18.2±0.8	18.4±0.4
Ham Kül (<i>Crude Ash</i>)	10.7±0.2	10.3±0.3	10.3±0.1

^a Sibal Black Seafeed (İzmir, Türkiye)

^c Migros (Adana, Türkiye)

^b Sunar Mısır (Adana, Türkiye)

^d Sigma-Aldrich (Inc St Louis, MO, USA)

Balıklarda mide boşaltım oranını tespit etmek için farklı modeller kullanılmaktadır (Bromley 1994). Bu modeller, doğrusal (Santulli ve ark., 1993; Miyasaka ve ark., 2005; Adamidou ve ark., 2009) ve üssel model (Vinagre ve ark., 2007) kullanılmıştır. Tüm sindirim kanalı parçalarından alınan boşaltım verileri Elliot (1972)'e göre; Ağırlık = A^{rz}, mide içeriğinin 'z' zamanındaki geometrik ortalaması, 'A' ise regresyon analizi sonucunda katsayı ve 'r' ise mide boşaltım oranıdır. Bu veriler, logaritmik olarak pilotlandığında; LnA = lnA^{rz} mide boşaltım oranıyla ilişkili 'r' eğrisi yukarıdaki denklemden hesaplanmıştır. Mide boşaltım süresi ise yine yukarıdaki denklemden 'z' zamanında midenin %50, %75 ve %100'ünün boşaldığı zamanlardan hesaplanmıştır. Ön bağırsak verilerinin hesaplanmasında lineer model, son bağırsakta ise kuadratik model kullanılmıştır. Elde edilen eğri değerleri maksimum bağırsak içeriği ve boşaltım zamanının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Çalışmanın yapılabilmesi için Çukurova Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulundan 04.02.2015 tarih ve 9 sayılı toplantı kararı ile izin alınmıştır.

BULGULAR

Deneme sonunda balıkların midede, ön bağırsakta ve son bağırsaktaki boşaltım oranları ve süreleri

hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonunda elde edilen veriler incelendiğinde, midede kalan yemlerin miktarlarının zamana bağlı değişimleri Elliot (1972)'ye göre noktalandığında bireylerden elde edilen denklemler aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$K0: Y=1.0238e^{-0.070x} \quad R^2 = 0.985$$

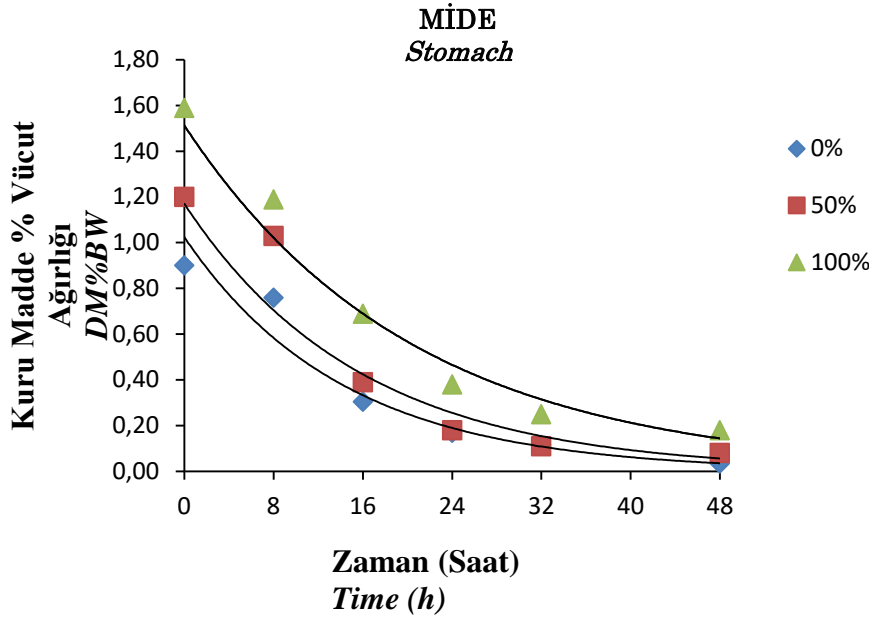
$$K50: Y=1.7010e^{-0.063x} \quad R^2 = 0.921$$

$$K100: Y=1.5127e^{-0.0549x} \quad R^2 = 0.955$$

Verilen yemlerin yarısının (%50 MBS), mideden boşaltılması için geçen süre K0 ve K50, gruplarında 11.7 ile 13.1 saat bulunurken, bu süreler K100 grubunda 16.5 saat olarak belirlenmiştir. Midedeki yemlerin tamamen boşaltılması için geçen süre yukarıdaki denklemlerle hesaplandığında, gruplarda değerler sırasıyla; 34.7, 42,1 ve 45.9 saat olarak bulunmuştur. Yemlerdeki bitkisel yağ oranı arttıkça, midedeki boşaltım oranı K50 de kısmen artarken K100 gruplarında belirgin olarak arttığı saptanmıştır (Şekil 1). Hesaplamalar doğrultusunda bitkisel yağ oranının yemlerdeki miktarı arttıkça besinlerin midede kalma süresinin de uzadığı ortaya konulmuştur. Son örnekleme zamanı olan 48. saatte tüm gruplardaki bireylerin midelerinin tamamen boşaldığı saptanmıştır. Genel olarak midedeki %50, %75 ve %90 boşaltım süreleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Midede

kalma süreleri gruplar arasında karşılaştırıldığında, K100 grubunda süre en uzun çıkmıştır. Kontrol (K0) grubu ile K50 ve K100 grupları karşılaştırıldığında;

yemlerin sindirim esnasında sırasıyla %19.7 ile %21.3 oranında midede daha fazla kaldığı hesaplanmıştır.



Şekil 1. 48 saat boyunca yapılan örneklemelerde kanola yağı içeren yemlerle beslenen Avrupa deniz levreklerinin midelerinde kalan yemlerin zamana karşı üssel eğrisi. Her bir plotlama noktası üç tekerrür (3 balık x 3 tekerrür, n = 9) ortalamasını göstermektedir.

Fig 1. Exponential versus time exponential curve of feed remaining in the stomachs of European sea bass, which is fed with canola oil in 48-hour sampling. Each plotting point shows the average of three replicates (3 fish x 3 replicates, n = 9)

Ön bağırsakta kalan yemler doğrusal modelden elde edilen denklemler aşağıdaki gibidir. Bu denklemler yardımıyla ön bağırsağın boşaltım süreleri hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{K0: } Y &= -0.0008x + 0.0509 & R^2 &= 0.978 \\ \text{K50: } Y &= -0.0013x + 0.1017 & R^2 &= 0.977 \\ \text{K100: } Y &= -0.0130x + 0.1122 & R^2 &= 0.980 \end{aligned}$$

Doğrusal modelden elde edilen denklemler hesaplandığında, ön bağırsağın tamamının boşalması için gerekli sürenin en uzun olduğu grubun K100 olarak hesaplandığı bulunmuştur. Denemenin 48 saatlik süresi sonunda, gruplardaki bireylerin ön bağırsaklarının bu süre içerisinde tamamen boşalmadığı saptanmıştır (Çizelge 2). Yapılan hesaplamalarda, özellikle %50'nin üzerinde kanola yağı içeren yemlerle beslenmiş levreklerde ön bağırsakta sindirim süresinin en yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). K50 grubuna kıyasla K100 grubunda %34.1 oranında daha fazla yem ön bağırsakta kalmıştır. K0 grubuna göre karşılaştırıldığında ise, yemlerin %43.4 oranında daha uzun süre ön bağırsakta kaldığı hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalarda, özellikle %50'nin üzerinde kanola yağı içeren yemlerle beslenmiş levreklerde ön bağırsakta sindirim süresinin en yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). K0 grubuna göre karşılaştırıldığında ise, yemlerin %38,9 oranında daha

uzun süre ön bağırsakta kaldığı hesaplanmıştır. Son bağırsakta kalan yemlerden elde edilen denklemler;

$$\begin{aligned} \text{K0: } Y &= -0.0001x^2 + 0.0051x + 0.0166 & R^2 &= 0.9807 \\ \text{K50: } Y &= -0.0013x^2 + 0.0087x + 0.0017 & R^2 &= 0.9331 \\ \text{K100: } Y &= -0.0001x^2 + 0.0071x + 0.0271 & R^2 &= 0.8994 \end{aligned}$$

Son bağırsak içeriklerinin incelenmesinde, örnekleme süresince bağırsağın bu bölümünün tam olarak boşalmadığı ve tamamen boşalabilmesi için minimum gerekli sürenin elde ettiğimiz denklemlerle hesaplanmasından 43.1 saat (K0 grubunda) ile 64.0 saat (K100) arasında değiştiği saptanmıştır. Mide ve ön bağırsak verilerinde saptandığı gibi, bitkisel yağ oranının artışının sindirim süresi ve oranını etkilediği anlaşılmıştır (Şekil 3; P<0.05). Ön bağırsakta olduğu gibi son bağırsakta da artan yağ oranı sindirilebilirliği doğrudan etkilemiştir.

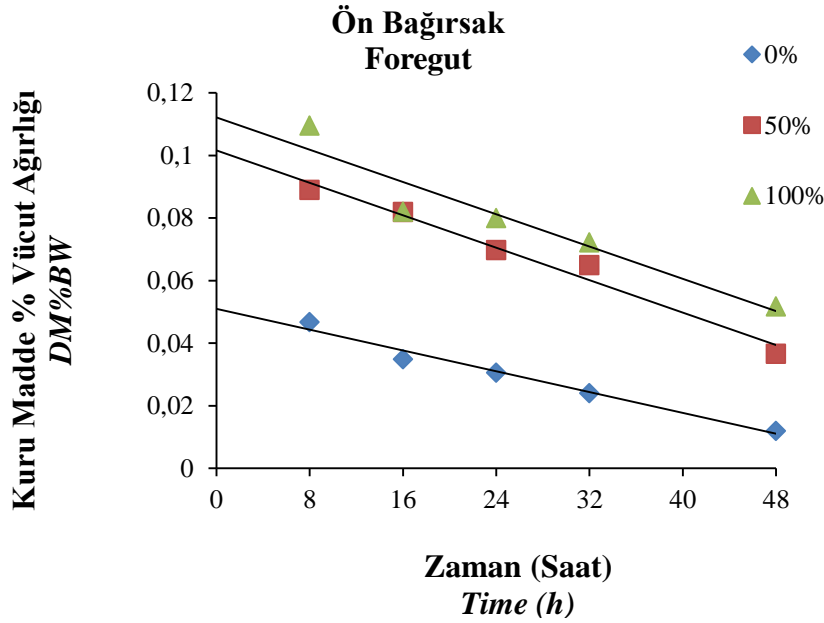
Son bağırsaktaki sürelerin geneline bakıldığında, özellikle tamamen kanola yağı içeren yemlerle beslenmiş levreklerde sindirim süresinin ön bağırsakta en yüksek olduğu saptanmıştır. K0 ile K100 grubu karşılaştırıldığında, yem K100 grubunda %28.4 oranında daha uzun kaldığı hesaplanmıştır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Mide boşaltım süresinin belirlenmesi ile ilgili yapılan çoğu çalışmada sindirim kanalı sisteminde kalan yem

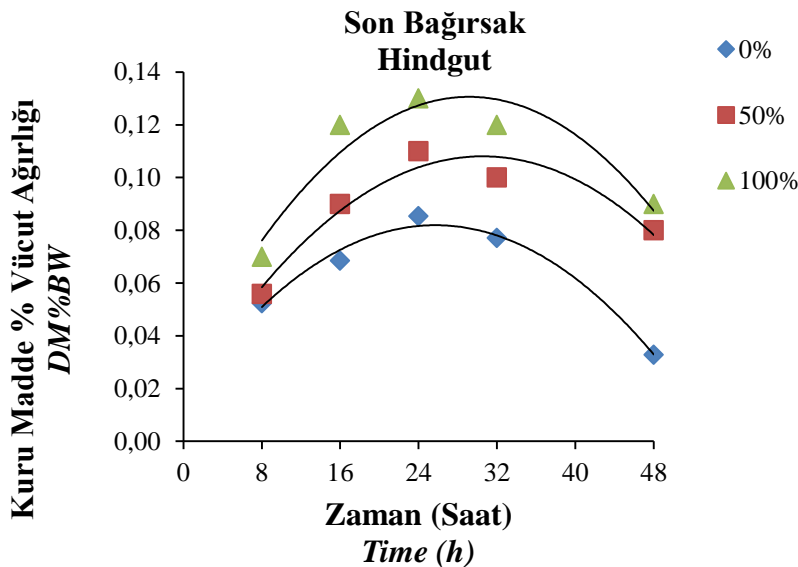
ile süre arasındaki ilişkinin doğrusal, karekök veya üssel denklemlerle tarif edilebileceği gösterilmiştir (Bromley, 1994). Kullanılan hammaddelerin besin sindirilebilirliğini önemli ölçüde etkilediği ve bununla yem alımı ile enzim aktivitesi üzerinde direk etkisinin olduğu belirtilmiştir (Hidalgo ve ark., 1999; Temming ve Herrmann, 2001). Benzer şekilde, yapılan bu

çalışma sonucunda, Avrupa levreğinde sindirim kanalı boşaltım sürelerinin yem içerisindeki bitkisel yağ oranıyla ilişkili olarak değişiklik gösterdiği ve değişen oranlarda kanola yağı içeren (%0, 50 ve 100) yemlerle beslenen levrek balıklarının %50'sini boşalttıkları süreler, sırasıyla 11.7, 13.1 ve 16.5 saat olarak bulunmuştur. Ayrıca, yem içerisinde kullanılan lipit



Şekil 2. 48 saat boyunca yapılan örneklemelerde kanola yağı içeren yemlerle beslenen Avrupa deniz levreklerinin ön bağırsaklarında kalan yemlerin zamana karşı doğrusal eğrileri. Her bir plotlama noktası üç tekerrür (3 balık x 3 tekerrür, n=9) ortalamasını göstermektedir.

Fig 2. Linear curves versus time of feed remaining in the foregut of European sea basses fed with canola oil feed during 48 hours sampling. Each plotting point shows the average of three replicates (3 fish x 3 replicates, n = 9).



Şekil 3. 48 saat boyunca yapılan örneklemelerde kanola yağı içeren yemlerle beslenen Avrupa deniz levreklerinin son bağırsakta kalan yemlerin zamana karşı kuadratik eğrileri. Her bir plotlama noktası üç tekerrür (3 balık x 3 tekerrür, n = 9) ortalamasını göstermektedir.

Fig 3. Quadratic curves versus time of feed remaining in the hindgut of European sea bass perches fed with canola oil in 48-hour sampling. Each plotting point shows the average of three replicates (3 fish x 3 replicates, n = 9).

Çizelge 2. Farklı oranlarda kanola yağı içeren yemlerle beslenen Avrupa deniz levreğinin mide boşaltım süreleri (MBS, saat olarak; s), ön bağırsak boşaltım süresi (ÖBS, s) ve son bağırsak boşaltım süresi (SBS; s).

Table 2. European sea bass, which is fed with feeds containing different amounts of canola oil, has gastric emptying times (GET, hours; h), Foregut emptying time (FET, h) and Hindgut emptying time (HET; h).

	K0	K50	K100
Mide			
<i>Stomach</i>			
MBS %50 (s)	11.7 ±0.4 ^c	13.1 ±0.5 ^b	16.5 ±1.5 ^a
MBS %75 (s)	21.6 ±1.4 ^b	27.5 ±0.4 ^a	27.7 ±1.1 ^a
MBS %100 (s)	34.7 ±1.3 ^c	42.1 ±1.9 ^b	45.9 ±3.3 ^a
Ön Bağırsak			
<i>Foregut</i>			
ÖBS%50 (s)	24.1 ±1.1 ^c	39.8 ±0.7 ^b	47.7 ±1.4 ^a
ÖBS %75 (s)	32.4 ±0.4 ^c	59.0 ±0.9 ^b	67.1 ±0.2 ^a
ÖBS %100 (s)	63.6 ±3.9 ^c	78.2 ±3.4 ^b	86.3 ±2.1 ^a
Son Bağırsak			
<i>Hindgut</i>			
SBS %50 (s)	26.6 ±1.1 ^c	32.0 ±2.5 ^b	37.0 ±1.4 ^a
SBS %75 (s)	39.8 ±2.4 ^c	43.3 ±2.9 ^b	45.3 ±2.7 ^a
SBS %100 (s)	43.1 ±3.2 ^c	51.5 ±3.5 ^b	64.0 ±2.0 ^a

kaynağı sindirilebilirliği ile su sıcaklığı arasında net bir ilişkinin olduğu bilinmektedir. Bell ve Koppe (2010), lipitlerin akışkanlığının özellikle artan su sıcaklığı ile değiştiğini ve dolayısıyla sindirilebilirliğini arttığını bildirmişlerdir. Deneme sonunda elde edilen mide boşaltım oranlarındaki farklılığın, yem içerisindeki bitkisel yağ miktarlarıyla ilişkili ve kullanılan lipit kaynağının sindirilebilirlik üzerinde etkili olduğu anlaşılmıştır. Bazı ham maddelerin ve bazı yağ kaynaklarının sindirilmeden vücuttan atılması ve dolayısıyla atılım miktarının artmasıyla boşaltım zamanlarında da gecikmeye yol açtığı belirtilmiştir (Adamidou ve ark., 2009).

Bağırsak boşaltım süresi üzerinde birçok faktörün etkisi olduğu bilinmektedir. Bunlardan yem ve predator boyutu ile av tipi en yaygın olarak incelenen değişkenlerdir (Temming ve ark., 2002). Diğer çalışmalarda yem bileşimi (Adamidou ve ark., 2009), yemin balık unu partikül büyüklüğü (Sveier ve ark., 1999), ekstrüde unların yemlerde kullanılması (Venou ve ark., 2003), tuzluluk (Vinagre ve ark., 2007), besleme rejimi ve bireylerin büyüklüğü (Booth ve ark., 2008), aynı zamanda besleme sıklığı ve yemdeki nem (Lee ve ark., 2000) boşaltım üzerinde etkilidir. Mide boşaltım süresi gibi ön bağırsağın boşalma süresi de yemlerdeki bitkisel yağ oranı arttıkça uzadığı saptanmıştır. Sindirim kanalı boşaltım çalışmasının sonucunda ön bağırsağın %50'sinin boşalması için geçen süreler K0 grubunda 21.6 saat bulunurken kanola yağı içeren yemlerde bu süre daha uzun çıkmıştır. Kanola yağ miktarına göre kıyaslandığında K50 ve K100 gruplarının birbirleri arasında olan bu süreler daha yakın bulunmuştur. Bunun da yem içerisine katılan bitkisel kökenli yağın daha yavaş sindirilmesi nedeniyle sindirim kanalında emilim

oranını etkilediği yapılan diğer çalışmada örtüşmektedir (Nikolopoulou ve ark., 2011). Adamidou ve ark., (2009) aynı türde yaptıkları çalışmada, son bağırsakta gözlenen yüksek standart sapmanın, bağırsağın bu kısmının küçük oluşu ve deneme ölçümleri sırasındaki diseksiyon işleminde bu kısımdaki mukus içeriğinin artmasıyla açıklanabileceğini bildirmişlerdir. Deneme sonunda ulaşılan veriler doğrultusunda, yem içerisinde balık yağına ikame olarak kullanılan kanola yağı oranının artması ile boşaltım sürelerinin doğrusal olarak tüm sindirim sisteminde arttığı bulunmuştur. Yağların sindirimi nonspesifik lipazlar ile triaçilgliserol hidrolizi ile başlar. Bu işlem sonrasında çıkan ürünler safra tuzlarıyla karıştırılarak misel mukozasında absorbe edilen miselleri oluşturur (Tocher, 2003). Bu işlem balıklarda yemin içeriği ve çevresel değişkenlerin uyarlanmasıyla ilişkilidir.

Yağların içerdikleri özelliklerinden dolayı her yağın sindirimi birbirinden farklı olmaktadır. Bundan dolayı da her balık türünde ilgili hammaddeler için ayrı ayrı olmak üzere sindirim zamanlarının belirlenmesi, formülasyonda tercih edilecek hammaddelere göre besleme stratejilerinin belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Aynı türlerde, García-Meilán ve ark. (2014) diyet kompozisyonundaki yüksek lipit düzeyleri veya yüksek nişasta içeriği gibi farklılıkların, diferansiyel geçiş oranına bağlı olduğu ve Fountoulaki ve ark. (2005), düşük bir geçiş oranının yüksek lipit içeriği ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Bundan dolayı her balık türünde ilgili hammaddeler için ayrı ayrı olmak üzere sindirim zamanlarının belirlenmesi, formülasyonda tercih edilecek hammaddelere göre besleme stratejilerinin belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada kanola yağının yem içerisindeki oranının artmasıyla meydana gelen yüksek boşaltım süreleri göstermiştir ki bu yağın yem içerisinde kullanımında düşük oranlarda eklendiğinde Avrupa deniz levreğinde daha hızlı sindirime uğradığını göstermektedir. Sindirim süresinin ve oranının belirlenmesi kullanılacak olan alternatif yağ kaynaklarının tercih edilmesinde ve ne oranda formülasyonlarda kullanılabilecekleri hususunda önem arz etmektedir. Sonuç olarak, bu denemenin sonunda, sürdürülebilir kaynakların kullanılması için C18:1n-9 açısından zengin bitkisel yağların tamamen değiştirilmek istenmesi durumunda sindirime olumsuz yönde etki etmemesi açısından yemlerde balık yağının da eklenmesi tavsiye edilir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada emeği geçen Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölüm öğretim üye ve elemanlarına teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKÇA

Adamidou S, Nengas I, Alexis M, Foundoulaki E, Nikolopoulou D, Campbell P, Karacostas I, Rigos G, Bell GJ, Jauncey K 2009. Apparent nutrient digestibility and gastrointestinal evacuation time in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing different levels of legumes. *Aquaculture* 289: 106-112.

Bell JG, Koppe W 2010. Lipids in Aquafeeds. In: Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds (G.M. Turchini, W.K. Ng, D. Tocher, eds.). CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp 21-60

Bonvini E, Bonaldo A, Parma L, Mandrioli L, Sirri R, Grandi, M Gatta, P P 2018. Feeding European sea bass with increasing dietary fibre levels: Impact on growth, blood biochemistry, gut histology, gut evacuation. *Aquaculture*, 494: 1-9.

Booth Ma, Tucker Bj, Allan Gl, Stewart Fielder D 2008 Effect of feeding regime and fish size on weight gain, feed intake and gastric evacuation in juvenile Australian snapper *Pagrus auratus*. *Aquaculture* 282:104-110.

Bromley PJ 1994. The role of gastric evacuation experiments in quantifying the feeding rates of predatory fish. *Rev. Fish Biol. Fish* 4: 36-66.

Das SK, Mazlan AG, Bakar Y, Brito MF, Mastura SS, Temple SE 2014. X-radiographic observations of food passage and nutrient absorption along the alimentary tract of archerfish, *Toxotes jaculatrix*. *Bull. Mar. Sci.* 90: 903-919.

Elliott JM 1972. Rates of gastric evacuation in brown trout, *Salmo trutta* L. *Freshw. Biol.*2: 1-18.

Finstad AG 2005. Effects of sampling interval and temperature on the accuracy of food consumption estimates from stomach contents. *J. Fish Biol.* 66: 33- 44.

Fountoulaki E, Alexis MN, Nengas I, Venou B 2005. Effect of diet composition on nutrient digestibility and digestive enzyme levels of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) *Aquaculture Research* 26: 1243-1251.

García-Meilán B, Ordóñez-Grande MA 2014. Meal timing affects protein-sparing effect by carbohydrates in sea bream: effects on digestive and absorptive processes. *Aquaculture*, 434: 121-128.

Gunstone FD 2010. The world's oils and fats. In: Turchini, G.M., Ng, W.K., & Tocher, D.R. (Eds.), *Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds*. CPC Press, Taylor and Francis, Boca Raton, pp. 61-89.

Grove DJ, Crawford C, 1980. Correlation between digestion rate and feeding frequency in the stomachless teleosts. *Blennius pholis* L. *J. Fish Biol.* 16: 235-247.

Hidalgo MC, Urea E, Sanz A 1999. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits: proteolytic and amylase activities. *Aquaculture* 170: 267-283.

Hofer R, Forstner H, Rettenwander R, 1982. Duration of gut passage and its dependence on temperature and food consumption in roach, *Rutilus rutilus* L.: laboratory and field experiments. *J. Fish Biol.* 20: 289-299.

Holmgren S, Grove DJ, Fletcher DJ 1983. Digestion and control of gastrointestinal motility. In: Rankin, J.C., Pitcher, T.J., Dugan, R.T. (Eds.), *Control Processes in Fish Physiology*. Wiley, New York, NY, USA, pp. 23- 40.

Jobling M 1981. Mathematical models of gastric emptying and the estimation of daily rates of food consumption for fish. *J. Fish Biol.* 19: 245- 257.

Jobling M 1987. Influences of food particle size and dietary energy content on patterns of gastric evacuation in fish: test of a physiological model of gastric emptying. *J. Fish Biol.* 30, 299- 314.

Kawaguchi Y, Miyasaka H, Genkar-Kato M, 2007. Seasonal change in the gastric evacuation rate of rainbow trout feeding on natural prey. *J. Fish Biol.* 71: 1873-1878.

Lee S-M, Hwang U-G, Hwon Cho S 2000 Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rock fish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture* 187: 399-409.

Mylonas CC, Cardinaletti G, Sigelaki I, Polzonetti-Magni A 2005. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus*

- labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. *Aquaculture*, 246 (1-4): 467-481.
- Miyasaka H, Kawaguchiy G, Yoshino K, Ohnishi H, Kuhara N, Shibata Y, Tamate T, Taniguchi H, Urabe H, Nakano S 2005. Thermal changes in the gastric evacuation rate of the fresh water sculpin *Cottus nozawae* Snyder. *Limnology* 6:169-172.
- Nikolopoulou D, Moutou K A, Fountoulaki E, Venou B, Adamidou S, Alexis MN 2011. Patterns of gastric evacuation, digesta characteristics and pH changes along the gastrointestinal tract of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 158: 406–414.
- Nikzad HM, Khara H, Yazdani Sadati MA, Parandavar H, 2012. Effects of dietary fish oil substitution with mixed vegetable oils on growth and fillet fatty acid composition of juvenile Caspian great sturgeon (*Huso huso*). *Aquac. Int.* 21: 143–155.
- Pérez-Casanova J, Lall SP, Gamperl AK 2009. Effect of feed composition and temperature on food consumption, growth and gastric evacuation on juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). *Aquaculture* 294: 228-235.
- Persson L 1981. The effects of temperature and meal size on the rate of gastric evacuation in perch (*Perca fluviatilis*) fed on fish larvae. *Freshw. Biol.*, 11:131–138.
- Riche M, Haley DI, Oetker M, Garbrecht S, Garling DL 2004. Effect of feeding frequency on gastric evacuation and return of appetite in tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture* 234: 657-673.
- Santulli A, Modica A, Cusenza L, Curatolo D 1993. Effects of temperature on gastric evacuation rate and absorption and transport of dietary lipids in sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Comparative Biochemistry and Physiology* 105A:363-367.
- Tocher DR 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11 (2): 107-184.
- Temming A, Herrmann JP 2001. Gastric evacuation in horse mackerel. I. The effects of meal size, temperature and predator weight. *Journal of Fish Biology* 58: 1230-1245.
- Xu S, Wang S, Zhang L, You C, Li Y 2012. Effects of replacement of dietary fish oil with soybean oil on growth performance and tissue fatty acid composition in marine herbivorous teleost *Siganus canaliculatus*. *Aquac. Res.* 43: 1276–1286.
- Venou B, Alexis MN, Fountoulaki E, Nengas I, Apostolopoulou M, Castritsi-Cathariou I 2003. Effect of extrusion of wheat and corn on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth, nutrient utilization efficiency, rates of gastric evacuation and digestive enzyme activities. *Aquaculture* 225: 207-223.
- Vinagre C, Maia A, Cabral, HN 2007. Effect of temperature and salinity on the gastric evacuation of juvenile sole *Solea solea* and *Solea senegalensis*. *Journal of Applied Ichthyology* 23: 240-245.