



**M. Enis Yonar**

Fırat University, meyonar@firat.edu.tr, Elazığ-Türkiye

**Serpil Mişe Yonar**

Fırat University, serpilmise@gmail.com, Elazığ-Türkiye

**Feyza Karahüseyinoğlu**

Fırat University, feyzakara8684@gmail.com, Elazığ-Türkiye

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2026.21.2.5A0246">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2026.21.2.5A0246</a>	
ORCID ID	0000-0001-9519-4247	0000-0003-2736-5731
	0009-0008-0751-8036	
Corresponding Author	M. Enis Yonar	

**KAFEİK ASİT FENETİL ESTER (CAPE) VE 10-HİDROKSİ-2-DEKANOİK ASİT (10-HDA) UYGULANAN ZEBRA BALIĞI (*Danio rerio*)' NDA BAZI BÜYÜME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

**ÖZ**

Balıklarda büyüme hem doğal stokların sürdürülebilirliği hem de akuakültür verimliliği için kritik bir biyolojik süreçtir. Bu çalışma, zebra balığında kafeik asit fenetil ester (CAPE) ve 10-hidroksi-2-dekanoik asit (10-HDA) kullanımının büyüme performansı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla planlanmıştır. Denemede; kontrol, CAPE, 10-HDA ve CAPE + 10-HDA olmak üzere dört grup oluşturulmuştur. Söz konusu bileşikler, ticari yem içerisine 10 mg/kg dozunda eklenerek 8 hafta boyunca uygulanmıştır. Balıklar günde dört öğün, canlı ağırlıklarının %5'i oranında beslenmiş; performans değerlendirmeleri canlı ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranı üzerinden yapılmıştır. Deneme sonunda tüm gruplarda ağırlık artışı gözlenirse de, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Sonuç olarak, CAPE ve 10-HDA uygulamalarının büyüme performansını kontrol grubuna benzer düzeyde etkilediği ve canlı ağırlık artışı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 10-hidroksi-2-dekanoik Asit, Kafeik Asit Fenetilester, Büyüme, Zebra Balığı, Akuakültür

**DETERMINATION OF SOME GROWTH PARAMETERS IN ZEBRAFISH (*Danio rerio*) TREATED WITH CAFFEIC ACID PHENETHYL ESTER (CAPE) AND 10-HYDROXY-2-DECANOIC ACID (10-HDA)**

**ABSTRACT**

Fish growth is a critical biological process for both the sustainability of wild stocks and aquaculture productivity. This study was designed to investigate the effects of caffeic acid phenethyl ester (CAPE) and 10-hydroxy-2-decanoic acid (10-HDA) on growth performance in zebrafish. In the experiment, four groups were established: control, CAPE, 10-HDA, and CAPE + 10-HDA. The compounds were added to commercial feed at a dose of 10 mg/kg and administered for 8 weeks. The fish were fed four times daily at a rate of 5% of their live weight; performance evaluations were based on live weight gain and specific growth rate. Although weight gain was observed in all groups at the end of the experiment, no statistically significant differences were detected between the groups. As a result, it was determined that the administration of CAPE and 10-HDA affected growth performance at a level similar to the control group and had no significant effect on live weight gain.

**Keywords:** 10-Hydroxy-2-decanoic Acid, Caffeic Acid Phenethyl Ester, Growth, Zebrafish, Aquaculture

**How to Cite:**

Yonar, M.E., Mişe Yonar, S., ve Karahüseyinoğlu, F., (2026). Kafeik Asit Fenil Ester (CAPE) ve 10-hidroksi-2-dekanoik asit (10-HDA) uygulanan zebra balığı (*danio rerio*)' nda bazı büyüme parametrelerinin belirlenmesi. Ecological Life Sciences, 21(2):46-53, DOI: 10.12739/NWSA.2026.21.2.5A0246.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Balıklarda büyüme, genetik, beslenme ve çevresel faktörlerin karmaşık etkileşimi sonucunda şekillenen dinamik bir biyolojik süreçtir. Bu süreç, somatotropik eksen başta olmak üzere çeşitli endokrin mekanizmalar tarafından düzenlenmekte ve büyüme hormonu (GH) ile insülin benzeri büyüme faktörü-I (IGF-I) gibi hormonların ekspresyon düzeyleri ile doğrudan ilişkilendirilmektedir [1 ve 2]. Balıklarda büyüme performansı, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, stoklama yoğunluğu ve besleme rejimi gibi çevresel ve yönetsel faktörlerden önemli ölçüde etkilenmektedir [3, 4 ve 5]. Özellikle stres faktörlerinin artışı, endokrin dengeyi bozarak büyüme hızında gerilemelere yol açabilmektedir [6 ve 7]. Bunun yanı sıra, beslenme kalitesi ve yem bileşimi de büyüme performansının belirlenmesinde kritik rol oynamakta olup, uygun besleme stratejileri balıkların büyüme potansiyelini doğrudan etkilemektedir [8 ve 9]. Büyümenin doğru şekilde değerlendirilmesi için canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı ve relatif büyüme oranı gibi çeşitli parametreler kullanılmakta ve bu parametreler akuakültür uygulamalarında üretim verimliliğinin belirlenmesinde önemli göstergeler olarak kabul edilmektedir [10 ve 11]. Ayrıca, büyüme performansı ile fizyolojik durum arasındaki ilişki son yıllarda daha fazla önem kazanmış ve kan parametreleri gibi biyolojik göstergelerin büyüme ile ilişkili olduğu ortaya konulmuştur [12]. Bu bağlamda, büyüme üzerine etkili faktörlerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi hem doğal popülasyonların yönetimi hem de akuakültür üretiminin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır [13 ve 14].

Arı ürünlerinin (propolis, arı sütü, arı poleni ve arı ekmeği vd.) apiterapide kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Yapılan bilimsel çalışmaların artmasıyla birlikte görülen etkinin mekanizmasının aydınlatılması ve bu etkiden sorumlu biyomoleküllerin belirlenmesiyle bilim insanları bu aktif biyomoleküllere odaklanmıştır.

Ülkemizde yaygın olarak üretilen kavak tipi (*Populus nigra* type) propolisin aktif bileşeni olan kafeik asit fenetil ester (CAPE) ile ilgili çok sayıda bilimsel araştırma bulunmaktadır. CAPE, antioksidan, antiinflamatuvar, antimitojenik ve antikarsinojenik gibi çok sayıda yararlı biyolojik aktiviteye sahip olduğu gösterilmiş bir biyoaktif bileşiktir. Güncel çalışmalar, CAPE'nin çoklu moleküler sinyal yollarını modüle edebilme kapasitesi ve davranışsal bozuklukların azaltılmasına yönelik potansiyel etkileri sayesinde nörolojik hastalıkların tedavisinde umut vadeden biyomoleküllerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Ülkemizde de üretimi yapılan kavak tipi propolisin temel bileşeni olan CAPE, propolisin en güçlü antioksidan maddelerinden biridir [15] ve son yıllarda ticari propolis ürünlerinde CAPE bulunması aranan bir özellik haline gelmiştir. Feniletal kafeat veya fenetil kafeat olarak da adlandırılan CAPE ( $C_{17}H_{16}O_4$ ), birçok bitkide bulunan doğal bir üründür ve kimyasal formülü 2-fenetil (2E)-3-(3,4-dihidroksifenil) akrilattır [16]. Yapısal olarak flavonoidlere benzeyen CAPE iki halka şeklinde yapıya sahiptir. Halkalardan birinde molekülün kimyasal özelliklerini sergileyen ve biyolojik aktivitesinde önemli rol oynayan iki fonksiyonel -OH grubu bulunur. Hidroksil grupları aktif olarak oksitleyici ve indirgeyici özellikler gösterir. CAPE aynı zamanda lipofildir çünkü hücre zarı yapıları yoluyla etki edeceği bölgeye ulaşmasını sağlayan çok uzun aromatik ve alifatik karbon gruplarını taşır [17 ve 18]. CAPE, inflamasyonu ve mitokondriyal sitokrom c salınımını inhibe ederek nöron ölümü riskini azaltır. Nöroproteksiyon aynı zamanda serbest radikal oluşumunun azalmasına da yansır [19].

Arı sütünün benzersiz ve kimyasal açıdan en ilginç özelliği, içerdiği yağ asitleridir. Arı sütündeki yağ asitleri genellikle hidroksilik yağ asitleri veya dikarboksilik asitler olan kısa zincirli yağ asitleridir. Arı sütündeki başlıca yağ asidi 10-hidroksi-2-dekanoik

asittir (10-HDA) ve saf arı sütündeki bu yağ asidinin miktarı arının özelliklerine bağlı olarak değişir. 10-HDA içeren başka hiçbir doğal ürün bildirilmemiştir. Hatta diğer arı ürünleri bile 10-HDA içermemekte, böylece 10-HDA'nın varlığı, arı sütünü diğer arı ürünlerinden ayırt etmek için bir belirteç olarak kullanılabilir [20]. 10-HDA yalnızca arı sütünde bulunduğundan, arı sütü ürünlerinde kalite belirteci olarak da kullanılmıştır [21]. Özellikle geleneksel tıpta oldukça fazla kullanılan arı sütündeki benzersiz madde 10-HDA, günümüzde çoğunlukla fonksiyonel bir gıda olarak tüketilmekte veya sağlığa yararlı özellikleri nedeniyle gıda takviyelerinde bulunmaktadır. Bu özellikler içerisinde, arı sütü veya spesifik bileşenleri için antilipidemik, antioksidan, antiproliferatif, antitümör, antimikrobiyal, nöroprotektif, antienflamatuvar, immünomodülatör, antiaging ve östrojenik aktivitelere rapor edilmiştir [22]. Arı sütü, vazodilatif, hipotansif ve anti-tümör aktiviteleri dahil olmak üzere çeşitli farmakolojik aktivitelere sahiptir ve birçok ülkede ticari olarak satılan ilaçlarda ve sağlıklı gıdaların yanı sıra kozmetik sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır [23].

Bu çalışmanın amacı, doğal bir fenolik bileşik olan CAPE ve 10-HDA'nın zebra balığı (*Danio rerio*) üzerinde büyüme performansına etkilerini değerlendirmektir. Bu sayede, CAPE ve 10-HDA'nın potansiyel büyüme üzerindeki etkileri ortaya konarak akuakültürde doğal katkı maddesi olarak kullanılabilirliği hakkında bilimsel veri sağlanması hedeflenmektedir.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışma, doğal biyoaktif bileşikler olan CAPE ve 10-HDA'nın zebra balığında büyüme performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmesi açısından önem taşımaktadır. Akuakültürde alternatif yem katkı maddelerinin etkinliğinin ortaya konması, sürdürülebilir üretim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

### Önemli Noktalar (Highlights)

- CAPE ve 10-HDA'nın büyüme performansı üzerindeki etkileri deneysel olarak karşılaştırılmıştır.
- Bu bileşiklerin büyümeyi artırıcı etkisinin sınırlı olduğu ortaya konmuştur.
- Çalışma, akuakültürde doğal katkı maddelerinin kullanımına yönelik bilimsel veri sunmaktadır.

## 3. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

Bu çalışmada kullanılan yaklaşık 360 adet, 7-8 aylık zebra balığı (*Danio rerio*) ticari bir üretim tesisinden temin edildi. Deneysel uygulamalarda kullanılan kafeik asit fenil ester (CAPE) ve 10-hidroksi-2-dekanoik asit (10-HDA), ticari saflıkta Sigma-Aldrich firmasından sağlandı. Çalışma, Fırat Üniversitesi Hayvan Deneyleeri Yerel Etik Kurulu tarafından 24.06.2025 tarihli ve 2025/11-04 sayılı karar ile onaylandı. Deneysel çalışma, Fırat Üniversitesi Deneysel Araştırma Merkezi (FÜDAM) bünyesinde yer alan Deneysel Su Ürünleri Araştırma Birimi'nde yürütüldü. Deneme üç bağımsız tekrar halinde gerçekleştirildi ve her bir tekrar için 100×40×30 cm boyutlarında dört adet cam akvaryum kullanıldı. Akvaryumlarda su, hava pompaları yardımıyla sürekli olarak havalandırıldı ve çözünmüş oksijen düzeyi yaklaşık 9 mg/L'de tutuldu. Su sıcaklığı ısıtıcılar aracılığıyla 28±1 °C seviyesinde sabitlendi, pH değeri ise 7.0±0.2 aralığında korundu. Deneme süresince su kalite parametreleri düzenli olarak izlenerek kontrol altında tutuldu. Fotoperiyot, 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık olacak şekilde ayarlandı.

Balıklar deneme öncesinde iki hafta süreyle adaptasyona tabi tutuldu ve bu süreçte ticari akvaryum yemi ile günde üç kez beslendi. Deneme boyunca akvaryum suyu her gün %10 oranında sifonlanarak katı atıklardan arındırıldı ve aynı özelliklerde taze su ilavesiyle su kalitesi muhafaza edildi. Deneme yemlerinin hazırlanmasında ticari partikül formunda akvaryum yemi kullanıldı. CAPE ve 10-HDA, 10 mg/kg yem dozunda olacak şekilde yem içerisine homojen olarak karıştırıldı. Kontrol grubuna ise herhangi bir katkı maddesi içermeyen ticari yem verildi. Balıklar, günde dört öğün (09:00, 12:00, 15:00 ve 18:00) olacak şekilde, canlı ağırlıklarının %5'i oranında 8 hafta boyunca beslendi. Deneme düzeni kapsamında dört farklı grup şu şekilde oluşturuldu: kontrol (K), CAPE uygulanan grup (CAPE), 10-HDA uygulanan grup (10-HDA) ve CAPE ve 10-HDA'nın birlikte uygulandığı (CAPE + 10-HDA) grup. Her bir grupta 30 balık yer aldı; her tekrar için toplam 120 balık ve tüm çalışma boyunca toplam 360 balık kullanıldı. Tekrarlar birbirinden bağımsız zaman dilimlerinde gerçekleştirildi. Deneme süresinin başlangıcında ve sonunda balıkların canlı ağırlıkları ölçülerek büyüme performansı değerlendirildi. Canlı ağırlık artışı (CAA), oransal büyüme (OB) ve spesifik büyüme oranı (SBO) hesaplandı.

- **Canlı Ağırlık Artışı (CAA)**

Balıkların ağırlık artışlarının belirlenmesinde Çelikkale [24] tarafından belirtilen yöntem kullanıldı. Buna göre CAA aşağıdaki formül yardımıyla hesaplandı.

CAA=Çalışma Sonu Ortalama Ağırlığı (g)- Çalışma Başı Ortalama Ağırlığı (g)

- **Oransal Büyüme (OB)**

Balıkların oransal büyümelerinin belirlenmesinde Çelikkale [24] tarafından belirtilen yöntem kullanıldı. Buna göre, OB aşağıdaki formül yardımıyla hesaplandı.

OB=(Çalışma Sonu Ortalama Ağırlık- Çalışma Başı Ortalama Ağırlık) / (Çalışma Başı Ortalama Ağırlık)]x100

- **Spesifik Büyüme Oranı (SBO)**

Balıkların ağırlıkça SBO Halver [25] tarafından belirtilen yöntem kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplandı.

SBO = [[(Log<sub>e</sub> Çalışma Sonu Ortalama Ağırlık) - (Log<sub>e</sub> Çalışma Başı Ortalama Ağırlık)] / Çalışma Süresi]] x 100

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde anlamlılık düzeyi p<0.05 olarak kabul edildi ve farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulandı. Tüm istatistiksel analizler SPSS 21.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirildi.

#### 4. BULGULAR (FINDINGS)

CAA, OB ve SBO değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. Deneme süresinin başlangıcında gruplar arasında başlangıç ağırlıkları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05). Bu durum, deneme gruplarının başlangıçta homojen dağılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Deneme sonunda tüm gruplarda canlı ağırlık değerlerinde artış gözlenmiş, ancak final ağırlıkları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir (p>0.05).

CAA incelendiğinde, tüm gruplarda benzer düzeylerde artış gerçekleştiği görülmüştür. En yüksek değer CAPE+10-HDA grubunda belirlenmiş olmakla birlikte, bu artış diğer gruplarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır

( $p>0.05$ ). Benzer şekilde, CAPE ve 10-HDA uygulanan grupların CAA değerleri kontrol grubuna yakın seviyelerde seyretmiştir.

OB değerleri değerlendirildiğinde, CAPE+10-HDA grubunda daha yüksek bir artış gözlenmiş, ancak gruplar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Diğer gruplarda elde edilen OB değerleri de birbirine yakın düzeylerde gerçekleşmiştir.

SBO bakımından da benzer bir eğilim gözlenmiştir; CAPE+10-HDA grubunda en yüksek değer belirlenmiştir. Bununla birlikte, tüm gruplar arasında SBO değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ).

Tablo 1. Deneme gruplarındaki balıkların büyüme parametrelerine ait değerler (ortalama  $\pm$  standart hata).

Table 1. Growth parameter values of fish in the experimental groups (mean  $\pm$  standard error)

Gruplar	K	CAPE	10-HDA	CAPE+10-HDA
Başlangıç Ağırlığı (g)	0.32 $\pm$ 0.11	0.33 $\pm$ 0.10	0.33 $\pm$ 0.08	0.32 $\pm$ 0.09
Final Ağırlığı (g)	0.54 $\pm$ 0.12	0.56 $\pm$ 0.13	0.55 $\pm$ 0.11	0.56 $\pm$ 0.12
CAA (g)	0.22 $\pm$ 0.04	0.23 $\pm$ 0.03	0.22 $\pm$ 0.03	0.24 $\pm$ 0.05
OB (%)	68.75 $\pm$ 3.80	69.70 $\pm$ 4.10	66.67 $\pm$ 3.95	75.00 $\pm$ 4.80
SBO (%)	0.93 $\pm$ 0.05	0.94 $\pm$ 0.06	0.91 $\pm$ 0.04	1.00 $\pm$ 0.06
(K): kontrol (CAPE): 10 mg/kg yem CAPE (10-HDA): 10 mg/kg yem 10-HDA (CAPE + 10-HDA): 10 mg/kg yem CAPE ve 10 mg/kg yem 10-HDA				

Genel olarak değerlendirildiğinde, CAPE, 10-HDA ve bu bileşiklerin kombinasyonunun zebra balıklarında büyüme performansı üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı, elde edilen tüm büyüme parametrelerinin kontrol grubu ile benzer düzeylerde seyrettiği belirlenmiştir.

##### 5. TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

Bu çalışmada deneme başlangıcında tüm grupların ortalama canlı ağırlıkları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması, deney gruplarının başlangıçta homojen olduğunu göstermektedir. Deneme süresi sonunda tüm gruplarda canlı ağırlık artışı gözlenmiş, ancak deneme sonu canlı ağırlıkları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Ayrıca CAPE, 10-HDA ve CAPE + 10-HDA uygulanan gruplarda canlı ağırlık artışının kontrol grubuna benzer düzeylerde gerçekleşmesi, bu biyoaktif maddelerin deney koşulları altında büyüme performansı üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır.

Bu bulgular, CAPE'nin büyüme performansı üzerindeki etkilerinin tür, diyet içeriği ve uygulama süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini bildiren diğer çalışmalarla kısmen uyum göstermektedir. Şöyle ki; Ji vd. [26], yüksek karbonhidratlı diyetle beslenen ot sazanında (*Ctenopharyngodon idellus*) CAPE uygulamasının adipöz hiperplazisini artırarak diyet kullanımını iyileştirdiğini ve büyüme performansını desteklediğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Li vd. [27], yüksek yağlı diyetle beslenen ot sazanında CAPE'nin büyüme performansını, lipit metabolizmasını ve enflamatuvar yanıtı olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Benzer şekilde, zebra balıklarında yapılan bir çalışmada, arı ürünlerinin büyüme ile ilişkili genlerin ekspresyonunu etkileyebildiği bildirilmiştir [28]. Ancak bu çalışmada CAPE uygulamasının büyüme parametreleri üzerinde anlamlı bir değişim oluşturmaması, kullanılan dozun veya deneysel koşulların bu tür metabolik etkileri ortaya koymak için yeterli olmaması ile ilişkili olabilir. Ayrıca bu çalışmada CAPE'nin canlı ağırlık artışı üzerinde anlamlı bir etki göstermemesi, söz konusu büyüme destekleyici etkinin yalnızca yüksek yağlı veya yüksek karbonhidratlı yemlerin uygulanmasıyla oluşturulan metabolik stres koşullarında ortaya çıkabileceğini

düşündürmektedir. Bu sonuç, CAPE'nin büyümeyi artırıcı bir madde olmaktan ziyade, metabolik dengeyi sağlayan ve besin kullanımını optimize eden bir madde olması şeklinde yorumlanabilir [26 ve 27].

Bu çalışmada CAPE uygulamasına benzer şekilde 10-HDA uygulanan gruplarda da canlı ağırlık artışının kontrol grubuna benzer düzeylerde gerçekleştiği belirlenmiştir. Literatür incelendiğinde, 10-HDA'nın balıklarda büyüme performansı üzerindeki etkilerini doğrudan değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamış olması, bu çalışmayı alandaki ilk bilimsel verilerden biri haline getirmektedir. Diğer taraftan, 10-HDA'nın büyüme üzerindeki etkileri incelendiğinde, farklı türlerde yapılan çalışmalar bu bileşiğin antioksidan ve antiinflamatuvar özellikleri sayesinde büyüme performansını dolaylı olarak iyileştirebileceğini göstermektedir [29 ve 30]. Bu durum, 10-HDA'nın büyüme performansı açısından nötr bir profile sahip olabileceğini veya etkilerinin daha çok metabolik, immünolojik ya da stresle ilişkili parametreler üzerinden ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, literatürde bazı biyoaktif bileşiklerin büyüme performansını artırdığı yönündeki çalışmalarla kısmen farklılık göstermektedir. Özellikle propolis ve türevlerinin balıklarda büyüme performansını iyileştirdiği, yemden yararlanmayı artırdığı ve metabolik süreçleri desteklediği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir [31, 32, 33 ve 34]. Bununla birlikte, bu etkilerin tür, doz, uygulama süresi ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebileceği de vurgulanmaktadır.

Ayrıca, CAPE ve 10-HDA'nın birlikte uygulanmasına rağmen büyüme performansında anlamlı bir artış gözlenmemesi, bu bileşiklerin sinerjik etkilerinin büyüme parametrelerinden ziyade oksidatif stres ve immün yanıt gibi fizyolojik süreçler üzerinde daha belirgin olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim CAPE'nin antiinflamatuvar ve antioksidan etkilerinin zebra balıklarında çeşitli fizyolojik sistemler üzerinde düzenleyici rol oynadığı bildirilmiştir [35].

Sonuç olarak, bu çalışmada CAPE ve 10-HDA uygulamalarının zebra balığında büyüme performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmaması, bu bileşiklerin deneysel koşullar altında büyümeyi olumsuz yönde etkilemediğini ve güvenli bir büyüme profili sergilediğini göstermektedir. Ayrıca bu çalışmada elde edilen bulgular, CAPE ve 10-HDA'nın büyüme performansı üzerinde doğrudan bir etkisinin olmadığını, ancak bu bileşiklerin büyüme dışındaki fizyolojik süreçler üzerinde daha etkili olabileceğini göstermektedir. Bu durum, biyoaktif bileşiklerin etkilerinin değerlendirilmesinde sadece büyüme parametrelerinin değil, aynı zamanda metabolik, immünolojik ve oksidatif stres göstergelerinin birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

#### **TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)**

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP) tarafından SÜF.25.07 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Sağlanan katkı ve desteklerinden dolayı FÜBAP birimine teşekkür ederiz.

#### **ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)**

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

#### **FİNANSAL AÇIKLAMA (FINANCIAL DISCLOSURE)**

Araştırma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP) tarafından SÜF.25.07 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

**ETİK STANDARTLAR BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)**

Araştırma, Fırat Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu tarafından 24.06.2025 tarihli ve 2025/11-04 sayılı kararla onaylanmıştır.

**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1] Triantaphyllopoulos, K., Cartas, D., and Miliou, H., (2019). Factors influencing GH and IGF-I gene expression on growth in teleost fish. *Reviews in Aquaculture*, 12:1637-1662.
- [2] Pérez-Sánchez, J., Simó-Mirabet, P., Naya-Català, F., Martos-Sitcha, J., Perera, E., Bermejo-Nogales, A., Benedito-Palos, L. and Calduch-Giner, J., (2018). Somatotropic axis regulation in fish growth. *Frontiers in Endocrinology*, 9.
- [3] El-Hack, M., El-Saadony, M., Nader, M., Salem, H., El-Tahan, A., Soliman, S., and Khafaga, A., (2022). Effect of environmental factors on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Biometeorology*, 66:2183-2194. DOI:10.1007/s00484-022-02347-6.
- [4] Li, L., Shen, Y., Yang, W., Xu, X., and Li, J., (2021). Effect of different stocking densities on fish growth performance: A meta-analysis. *Aquaculture*, 544: 737152.
- [5] Haetami, K. and Pratiwy, F., (2023). Relationship between feeding regime and fish growth. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*. DOI:10.9734/ajfar/2023/v24i2631.
- [6] Pickering, A., (1993). Growth and stress in fish production. *Aquaculture*, 111:51-63.
- [7] Canosa, L. and Bertucci, J., (2023). The effect of environmental stressors on growth in fish and its endocrine control. *Frontiers in Endocrinology*, 14. DOI: 10.3389/fendo.2023.1109461.
- [8] Oliva-Teles, A., (2012). Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35(2):83-108.
- [9] Valente, L., Moutou, K., Conceição, L., Engrola, S., Fernandes, J., and Johnston, I., (2013). Growth potential and juvenile quality of farmed fish. *Reviews in Aquaculture*, 5:168-193.
- [10] Lugert, V., Thaller, G., Tetens, J., Schulz, C., and Krieter, J., (2016). A review on fish growth calculation. *Reviews in Aquaculture*, 8:30-42. DOI: 10.1111/raq.12071.
- [11] Soderberg, R., (2017). Factors affecting fish growth and production. DOI: 10.1201/9780203759028-9.
- [12] Esmaili, M., (2021). Blood performance: A new formula for fish growth and health. *Biology*, 10. DOI: 10.3390/biology10121236
- [13] Dutta, H., (1994). Growth in fishes. *Gerontology*, 40(2-4):97-112
- [14] Chakraborty, A., Begum, N., Anam, U., Gupta, T., Iqbal, M., and Hossain, M., (2025). Growth factors and condition indices of some air-breathing and catfishes from Hakaluki Haor, Bangladesh. *Journal of Applied Ichthyology*. DOI: 10.1155/jai/7463844.
- [15] Carvalho, A.A., Finger, D., Machado, C.S., Schmidt, E.M., Costa, P.M., Alves, A.P.N.N., and Torres, Y.R., (2011). In vivo antitumoural activity and composition of an oil extract of Brazilian propolis. *Food Chemistry*, 126:1239.
- [16] Murtaza, G., Karim, S., Akram, M., Khan, S., Azhar, S., Mumtaz, A., and Asad, M., (2014). Caffeic acid phenethyl ester and therapeutic potentials. *BioMed Research International*, 2014: 145342. DOI: 10.1155/2014/145342.
- [17] Sudina, G.F., Mirzoeva, O.K., Pushkareva, G.A., Sumbatyan, N.V., and Varfolomeev, S.D., (1993). CAPE as a lipoxygenase inhibitor. *FEBS Letters*, 329(1-2):21-24.
- [18] Russo, A., Longo, R., and Vanella, A., (2002). Antioxidant activity of propolis. *Fitoterapia*, 73:21-29.



- [19] Yis, U., Topcu, Y., Ozbal, S., Tugyan, K., Bayram, E., Karakaya, P., Yilmaz, O., and Kurul, S.H., (2013). CAPE prevents apoptotic cell death. *Epilepsy and Behaviour*, 29(2):275-280.
- [20] Genç, M. and Aslan, A., (1999). Determination of trans-10-hydroxy-2-decenoic acid content in pure royal jelly and royal jelly products by column liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 839(1-2):265-268.
- [21] Peng, C.C., Sun, H.T., Lin, I.P., Kuo, P.C., and Li, J.C., (2017). Functional property of royal jelly. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17:392.
- [22] Collazo, N., Carpena, M., Nuñez-Estevez, B., Otero, P., Simal-Gandara, J., and Prieto, M.A., (2021). Health promoting properties of bee royal jelly: Food of the queens. *Nutrients*, 13(2):543.
- [23] Nakajima, Y., Tsuruma, K., Shimazawa, M., Mishima, S., and Hara, H., (2009). Comparison of bee products based on antioxidant capacities. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 9:4
- [24] Çelikkale, M.S., (1988). İçsu balıkları ve yetiştiriciliği. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- [25] Halver, J.E., (1989). *Fish Nutrition* (2. baskı). San Diego: Academic Press.
- [26] Ji, S., Song, L., Tian, Z., Wei, M., Ji, H., and Sun, J., (2025). Caffeic acid phenethyl ester improves high-carbohydrate diet utilization. *Animal Nutrition*, 22: 154-164. DOI: 10.1016/j.aninu.2025.03.009
- [27] Li, H., Ji, S., Song, L., Wei, M., Tian, Z., Ji, H. ve Sun, J., (2025). Caffeic acid phenethyl ester promotes adipocyte hyperplasia. *Aquaculture*. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2025.742201
- [28] Vural, O., Silici, S., and Aksakal, E., (2021). Effect of royal jelly dietary on zebrafish. *Aquaculture Reports*.
- [29] Han, L., Zhang, M., Li, F., Su, J., Wang, R., Li, G., and Yang, X., (2023). 10-hydroxy-2-decenoic acid alleviates lipopolysaccharide-induced intestinal mucosal injury. *Frontiers in Microbiology*, 14. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1285299.
- [30] Zhang, Y., Geng, S., Di, Y., Sun, Y., Liu, Y., Li, J., and Zhang, L., (2022). 10-hydroxy-trans-2-decenoic acid as feed additive. *Animals*, 12. DOI: 10.3390/ani12141846.
- [31] Alrashada, Y., Hassanien, H., Abbas, A., Alkhamis, S., and Alkobaby, A., (2023). Dietary propolis improves the growth performance, redox status, and immune response of Nile tilapia upon a cold-stress challenge. *PLOS ONE*, 18. DOI: 10.1371/journal.pone.0293727.
- [32] Ismail, T. and Hegazi, E., (2025). Propolis as a growth stimulant for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.
- [33] Mustafa, A., Al-Gburi, M., Mustafa, S., and Researcher, A., (2025). Efficacy of propolis as feed additives on growth. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*. DOI: 10.36103/16ng3p27.
- [34] Farag, M., Abdelnour, S., Patra, A., Dhama, K., Dawood, M., Elnesr, S., and Alagawany, M., (2021). Propolis: Properties and composition, health benefits and applications in fish nutrition. *Fish & Shellfish Immunology*. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.06.010.
- [35] Lin, M., Guo, X., Xu, X., Chang, C., Le, T., Cai, H., and Zhao, M., (2025). Caffeic acid phenethyl ester alleviates alcohol-induced inflammation. *Biomolecules*, 15.