

Farklı Zenginleştirici Emülsiyonların Rotifer (*Brachionus plicatilis*) Yığın Kültüründe Kullanımı

Use of Different Enrichment Emulsions in Rotifer (*Brachionus plicatilis*) Batch Culture

Hasan Batuhan Emre Özdoğan^{1*}, Sevgi Savaş¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Isparta

*Sorumlu yazar: hasanozdogan@isparta.edu.tr

Geliş: 09.06.2021

Kabul: 08.10.2021

Yayın: 01.03.2022

Alıntılama: Özdoğan, H. B. E. & Savaş, S. (2022). Farklı Zenginleştirici Emülsiyonların Rotifer (*Brachionus plicatilis*) Yığın Kültüründe Kullanımı. *Acta Aquatica Turcica*, 18(1), 049-059. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.950155>

Özet: Bu çalışmada, rotifer *Brachionus plicatilis* kültüründe 2 formüle emülsiyon (Emülsiyon-I ve Emülsiyon-II) ve 3 farklı ticari ürün (Olio w-3, Red Pepper ve (n-3) Top Rich) kullanımının popülasyon artışı üzerine etkisi araştırılmıştır. Rotiferler için oluşturulan deneme grupları sırasıyla; DHA-Gold (Kontrol), DHA-Gold + Emülsiyon-I (1. Grup), DHA-Gold + Emülsiyon-II (2. Grup), DHA-Gold + Olio w-3 (3. Grup), DHA-Gold + Red Pepper (4. Grup), DHA-Gold + (n-3) Top Rich (5. Grup) olarak belirlenmiştir. Farklı besleme rejimine göre rotiferlerin popülasyon artışının belirlenmesi için 1 L kültür hacminde yığın kültür, başlangıç yoğunluğu 100 birey/ml olacak şekilde 7 gün süre ile gerçekleştirilmiş ve günlük olarak birey sayımları yapılmıştır. Deneme sonunda rotiferlerde en yüksek birey sayısı, büyüme hızı ve fekondite oranı DHA-Gold + Emülsiyon-II ile zenginleştirilen grupta sırasıyla $1250 \pm 11,54$ birey/ml, $0,37 \pm 0,00$ bölünme/gün ve $0,38 \pm 0,01$ yumurta/birey olarak tespit edilmiş olup, söz konusu değerler kontrol grubundan istatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunmuştur ($P < 0,05$). Emülsiyon ilavesinin rotiferin popülasyon artışı, büyüme hızı ve fekondite oranını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

- Rotifer
- *Brachionus plicatilis*
- popülasyon artışı
- emülsiyon

Abstract: In this study, the effect of using 2 formulated emulsions (Emulsion-I and Emulsion-II) and 3 different commercial products (Olio w-3, Red Pepper, and (n-3) Top Rich) on population growth in rotifer *Brachionus plicatilis* culture was investigated. Experimental groups created for rotifers, respectively; DHA-Gold (Control), DHA-Gold + Emulsion-I (1st Group), DHA-Gold + Emulsion-II (2nd Group), DHA-Gold + Olio w-3 (3rd Group), DHA-Gold + Red Pepper (4th Group), DHA-Gold + (n-3) Top Rich (5th Group). To determine the population growth of rotifers according to different feeding regimes, bulk culture in 1 L culture volume was carried out with an initial density of 100 individuals/ml for 7 days and individual counts were made daily. At the end of the experiment, the highest individual number, growth rate, and fecundity ratio in the rotifers were determined as 1250 ± 11.54 individuals/ml, 0.37 ± 0.00 divisions/day, and 0.38 ± 0.01 eggs/individual in the group enriched with DHA-Gold + Emulsion-II, respectively, and these values were found to be statistically significantly different from the control group ($P < 0.05$). It was determined that the addition of emulsion positively affected the population increase, growth rate, and fecundity rate of rotifer.

Keywords

- Rotifer
- *Brachionus plicatilis*
- population growth
- emulsion

1. GİRİŞ

Larval yetiştiricilikte başarılı bir üretim için yüksek kaliteye sahip, kolay sindirilebilen, optimal büyüme ve hayatta kalma sağlayan besinler kullanılmalıdır (Giri vd., 2002; Jafari vd., 2011;



Okunsebor ve Ayuma, 2011; Campoverde ve Estevez, 2017). Birçok balık türünün erken gelişim aşamasında kaliteli ve uygun besin kullanılmadığından dolayı yüksek oranda ölüm yaşanmaktadır. Larvalar üzerinde yapılan önceki araştırmalar canlı yemlerin mikropartiküle göre daha fazla yaşama oranı sağladığını göstermiştir (Kolkovski vd., 2009). Yetiştiricilikte kullanılan canlı yem organizmaları rotifer, cladoceran, artemia ve kopepod türleridir (Conceição vd., 2010; Hamre vd., 2013; Yoshimatsu ve Hossain, 2014; Hagiwara ve Marcial, 2019). Rotiferler, yüksek üreme ve yaşama oranına sahip olması, larvalar tarafından sinidiriminin kolay olması ve düşük üretim maliyeti gibi özelliklerinden dolayı su ürünleri yetiştiriciliğinde en çok kullanılan canlı yemlerden biridir (Sahandi ve Jafaryan, 2011). Ayrıca rotiferler, larvaların sağlıklı gelişimi için gerekli besinleri sağlamaları nedeni ile canlı kapsül olarak da adlandırılmaktadır (Sandeep vd., 2015). Ancak rotiferlerin besinsel içeriği uygulanan besleme rejimi, kültür koşulları ve kullanılan türe göre değişmektedir (Yin ve Zhao, 2008).

Deniz balığı larvalarının ihtiyacı olan optimum n-3 HUFA değeri % 10, DHA/EPA oranı ise 1.0-2.0 olarak belirlenmiştir (Sargent vd., 1999). Larvalarda besin olarak kullanılan rotiferlerin üretiminde düşük maliyeti ve erişebilirliğinin kolay olması nedeni ile genellikle ekme mayası kullanılmaktadır (Rasdi vd., 2020). Ancak larvalarının optimum gelişimi için gereken çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) içeriği maya ile üretilen rotiferlerin kullanılması durumunda karşılanamamaktadır (Sargent vd., 1997; Sargent vd., 1999; Dhert vd., 2001). Bu yüzden rotiferlerin temel besin maddeleri (örneğin esansiyel yağ asitleri, amino asitler gibi) ile zenginleştirilmesi gerekir (Hamre vd., 2008; Ferreira vd., 2008; Maehre vd., 2013). Rotiferlerin yağ asidi içeriğini artırmak için ticari ürünler (Eryalçın, 2018; Saidi vd., 2018; Giménez Papiol ve Estevez, 2019), mikroalgler (Rehberg-Hass vd., 2015; Cruz-Cruz vd., 2019; Waqalevu vd., 2019), emülsiyonlar (Estevez ve Gimenez, 2017; Román-Padilla vd., 2017; Fuentes-Quesada ve Lazo, 2018) kullanılmaktadır. Son yapılan çalışmalarda, rotiferlerin yağ asidi içeriğinin artırılmasında kullanılan emülsiyonların olumlu etkiler gösterdiği tespit edilmiştir (Villalta vd., 2005; Araujo ve Rosa, 2016; Campoverde ve Estevez, 2017; Estevez ve Gimenez, 2017). Ancak rotiferler ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle yağ asidi içeriğinin artırılması üzerine odaklanmış olup popülasyon artışına emülsiyonların etkisi ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Rotiferlerin büyüme performansı ve fekondite oranını optimize etmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma rotiferlerin zenginleştirilmesinde deniz balığı kuluçkahanelerinde yoğun olarak kullanılan ticari zenginleştirici ürünler (Olio ω -3, Red Pepper ve (n-3) Top Rich) ve deneysel olarak hazırlanan emülsiyonlar (Emülsiyon-I ve Emülsiyon-II) kullanılmış olup hazırlanan emülsiyonlar ile ticari ürünler rotiferlerin popülasyon artışına etkisi bakımından karşılaştırmak amacı ile planlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Rotifer (*Brachionus plicatilis*) kültür koşulu

Rotifer *Brachionus plicatilis* (260-340 μ , L-tipi) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Canlı Yem Ünitesi stok kültüründen temin edilmiştir. Araştırma aynı üniteye yürütülmüştür. Rotiferlerin kültüründe yapay deniz suyu kullanılmıştır. Kültür suyu kum filtresi ve kartuş filtreden geçirildikten sonra otoklavda steril edilmiştir. Denemelerde rotifer üretimi % 20 tuzlulukta, 25 \pm 1 °C su sıcaklığında doğal aydınlatma altında ve havalandırma ile gerçekleştirilmiştir. Rotiferin stok kültürden itibaren üretimi, DSM in Animal Nutrition & Health firmasının ürünü DHA-Gold (Anonim, 2020a) ile gerçekleştirilmiş olup ürünün besinsel içeriği Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. DHA-Gold'un besinsel içeriği.

Besin özellikleri	Miktar (%)
ARA	0,2
EPA	0,5
DHA	19,4
Nem	2,03
Protein	16,66
Yağ	55,57

2.2. Rotiferlerin yığın kültürü ve uygulanan besleme rejimi

Denemede rotiferlerdeki popülasyon artışının belirlenmesi için Tablo 2'de verilen besleme rejimi uygulanmıştır. Rotiferlerin yığın kültürü 1 L kültür hacmine sahip cam erlenlerde gerçekleştirilmiş olup başlangıç yoğunluğu 100 birey/ml'dir. Kültür işlemi 7 gün süre ile gerçekleştirilmiş ve günlük sayımlar yapılmıştır. Çalışmada 6. güne kadar DHA-Gold ürünü besin olarak kullanılmış olup, besin miktarı firmanın tavsiye ettiği oranda (500.000 rotifer/L için 0.2 g/L) günde iki kez kullanılmıştır.. Popülasyon artışının belirlenmesi için gerçekleştirilen denemelerde rotiferlere son gün zenginleştirici ürünler 6 saat aralıkla 2 kez ilave edilmiştir. Rotiferlerin zenginleştirilmesinde, hazırlanan deneysel emülsiyonlar (Emülsiyon-I ve Emülsiyon-II) ile zenginleştirme 0,6 g/L olarak (Campoverde ve Estevez, 2017; Estevez ve Gimenez, 2017), ticari zenginleştiricilerden; Olio w-3 500.000 rotifer/L için 0,06 g/L, Red Pepper 500.000 rotifer/L için 0,18 g/L, (n-3) Top Rich 1.000.000 rotifer/L için 0,1 g/L olarak uygulanmıştır.

Tablo 2. Rotiferlere uygulanan besleme rejimi.

Deneme Grupları	Besin
Kontrol	DHA-Gold
I.	DHA-Gold + Emülsiyon-I
II.	DHA-Gold + Emülsiyon-II
III.	DHA-Gold + Olio w-3
IV.	DHA-Gold + Red Pepper
V.	DHA-Gold + (n-3) Top Rich

2.3. Deneysel emülsiyonların hazırlanması

Çalışmada deneysel emülsiyon yağların hazırlanmasında EPA ve DHA kaynağı olarak balık yağı (Menhaden balık yağı, Sigma Aldrich) ve DHA-Gold (DSM in Animal Nutrition & Health) kullanılmıştır. Emülsiyonlar Tablo 3'te belirtilen oranda zeytinyağı, yumurta sarısı ve E vitamini ilave edilerek hazırlanmıştır. Deneysel emülsiyonların hazırlanması işleminde homojenizatör (Ultra-Turrax homojenizatör, IKA, Almanya) kullanılmıştır (Villalta vd., 2005; Campoverde ve Estevez, 2017; Estevez ve Gimenez, 2017).

Tablo 3. Deneysel emülsiyonların içeriği (g/Kg).

Emülsiyonlar	Balık Yağı *	DHA-Gold **	Zeytinyağı	Yumurta Sarısı	E Vit.
Emülsiyon I	380	50	420	149	1
Emülsiyon II	240	190	420	149	1

* Menhaden balık yağı (Sigma Aldrich), **DHA-Gold (DSM in Animal Nutrition & Health)

Emülsiyonların hazırlanmasında deniz balığı larvalarının ihtiyacı olan optimum DHA/EPA oranı dikkate alınmıştır. Türe göre değişim göstermesine rağmen larvaların ihtiyacı olan optimum DHA/EPA oranı önceki yapılan çalışmalarda 1.0-2.0, Σ n-3 HUFA oranı ise % 10 olarak bildirilmiştir (Sargent vd., 1999). Hazırlanan Emülsiyon-I ve II'nin DHA/EPA oranı sırasıyla 1,05 ve 2,07 olarak

belirlenmiştir. Deneysel olarak hazırlanan emülsiyonların karşılaştırılması için seçilen ticari zenginleştiriciler; Bernaqua firmasının ürünleri olan Olio ω-3, Red Pepper (Anonim, 2020b) ve Rich firmasının ürünü (n-3) Top Rich'tir (Anonim, 2020c). Deneysel emülsiyonların ve ticari zenginleştirici ürünlerin esansiyel asidi içeriği Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Deneysel emülsiyonların ve ticari zenginleştiricilerin yağ asidi içeriği (%).

	Emülsiyon-I	Emülsiyon-II	Olio ω-3	Red Pepper	(n-3) Top Rich
C20:4n6	0,51	0,43	-	0,15	0,5
C20:5n3	4,42	2,11	12	0,5	10
C22:6n3	4,67	4,38	6	5,5	20
∑ n-3 HUFA	9,09	6,49	18	6,5	32
DHA/EPA	1,05	2,07	0,5	11	2

Araştırmada kullanılan zenginleştirici ürünlerin maliyet analizi yapılmıştır. Buna göre emülsiyonların hazırlanmasında kullanılan ham maddelerin pazardaki perakende fiyatları alınmıştır. Balık yağı (Menhaden balık yağı) 100 €/kg, DHA-Gold 16 €/kg, zeytinyağı 5 €/kg, yumurta sarısı 10 €/kg, E vitamini 70 €/kg olarak tespit edilmiş olup formüle emülsiyonların ortalama maliyet hesaplandığında Emülsiyon-I 45 €/kg, Emülsiyon-II 35 €/kg olarak belirlenmiştir. Rotifer ve artemiaların zenginleştirilmesinde kullanılan ticari ürünlerin ortalama perakende satış fiyatı; Bernaqua firmasının ürünü Olio ω-3 50 €/kg ve Red Pepper 55 €/kg, Rich firmasının ürünü (n-3) Top Rich 80 €/kg olarak belirlenmiştir.

2.4. Popülasyon artışının belirlenmesi

Rotiferlerin sayımları, 24 saatlik periyotlarda her bir tekerrürden 1 ml'lik 3 örnek alınarak stereomikroskop altında sedgewick rafter lamı ile gerçekleştirilmiştir. Rotifer kültürlerindeki büyüme hızı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$K (\text{bölünme/gün}) = (\ln N_t - \ln N_0)/t$$

K= Büyüme Hızını (bölünme/gün), N_0 = Başlangıçtaki rotifer yoğunluğunu (birey/ml), N_t = t gün sonra ulaşılan max. rotifer yoğunluğunu (birey/ml), t= Maximum birey/ml'ye ulaşılan gün sayısını göstermektedir.

Rotiferdeki fekondite oranı: amiktik yumurta sayısı/rotifer sayısı (Zhang vd., 2005) eşitliğinden hesaplanmıştır.

2.5. İstatistikî analizler

İstatistikî analizlerin tümü SPSS 23.00 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Varyans homojenlik testleri uygulandıktan sonra varyans analizi yapılmış ve grup ortalaması arasındaki farklılıklar Tukey'in çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Yaptığımız ön çalışmada (veriler paylaşılmamıştır) rotiferlerin 7. günde maksimum popülasyon yoğunluğuna ulaştığı belirlenmiştir. Bu çalışmada 6. günde yapılan zenginleştirmenin 7. günde değişkenlere etkisine odaklanılmıştır. Popülasyon artış pikinin vurgulanması amacı ile 8. gün sonuçları da tablolarda verilmiştir.

3.1. Rotifer yığın kültürlerinde popülasyon artışına emülsiyon yağların etkisi

Rotiferlerin yığın kültürüne uygulanan farklı besleme rejiminin toplam birey sayısı, büyüme hızı ve fekondite oranı üzerine etkisi belirlenmiştir. Rotiferlerin yığın kültüründe elde edilen birey sayısına ait bulgular Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Farklı besin ortamında kültüre edilen rotiferlerin birey sayısı (rot/ml).

Zaman (gün)	Gruplar					
	Kontrol	I.	II.	III.	IV.	V.
0.	100±0,00	100±0,00	100±0,00	100±0,00	100±0,00	100±0,00
1.	135±0,88	140±3,46	140±2,89	140±4,04	135±2,19	145±1,20
2.	220±2,88	225±2,9	230±3,46	225±7,64	230±5,77	220±5,77
3.	325±5,77	320±2,89	325±7,64	335±7,64	320±2,89	330±5,77
4.	460±7,64	475±1,86	480±5,77	470±10,0	460±11,54	470±5,77
5.	630±7,64	630±5,77	640±11,55	630±5,0	650±2,89	645±2,89
6.	845±2,89	860±3,46	840±5,77	860±2,89	845±8,66	850±5,77
7.	1030±12,58 ^d	1200±10,00 ^{ab}	1250±11,54 ^a	1100±13,23 ^c	1150±15,00 ^{bc}	1130±10,41 ^c
8.	850±2,89 ^d	900±10,00 ^{ab}	920±12,58 ^a	870±5,77 ^{bcd}	890±1,15 ^{abc}	860±5,00 ^{cd}

Kontrol Grubu = DHA-Gold, I. Grup = DHA-Gold+Emülsiyon-I, II. Grup = DHA-Gold+Emülsiyon-II, III. Grup = DHA-Gold+Olio ω-3, IV. Grup = DHA-Gold+Red Pepper, V. Grup = DHA-Gold+(n-3) Top Rich

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir (P<0,05).

Rotifer kültürlerindeki popülasyon artışına ait en yüksek toplam birey sayısı DHA-Gold + Emülsiyon-II ile beslenen grupta 1250 ± 11.54 rotifer/ml olarak 7. günde belirlenmiştir (Tablo 5). Rotifer kültürlerindeki popülasyon artışı DHA-Gold + Emülsiyon-I ve DHA-Gold + Emülsiyon-II ile beslemede gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemli değildir (P>0.05). Dahası rotifer kültürlerinde DHA-Gold + Olio ω-3, DHA-Gold + Red Pepper ve DHA-Gold + (n-3) Top Rich ile beslenenlerde birey sayısı istatistik olarak benzerlik göstermiştir (P>0.05). Rotiferlere uygulanan besleme rejimine göre en düşük birey sayısı kontrol grubunda 1030 ± 12.58 rotifer/ml olup popülasyon artışına ait değerler diğer gruplardan istatistik olarak önemli oranda düşük bulunmuştur (P<0.05).

3.2. Rotiferlerin yığın kültüründe büyüme hızına emülsiyon yağların etkisi

Rotiferlerin popülasyon artışına ait büyüme hızı değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Rotiferlerdeki büyüme hızına ait en yüksek değerler 7. günde elde edilmiş olup gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).

Tablo 6. Farklı besin ortamında kültüre edilen rotiferlerin büyüme hızı (bölünme/gün).

Zaman (gün)	Gruplar					
	Kontrol	I.	II.	III.	IV.	V.
1.	0,04±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,04±0,00	0,06±0,00
2.	0,11±0,00	0,11±0,00	0,12±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00
3.	0,12±0,00	0,12±0,00	0,12±0,00	0,12±0,00	0,12±0,00	0,12±0,00
4.	0,21±0,00	0,22±0,00	0,22±0,00	0,23±0,00	0,22±0,00	0,22±0,00
5.	0,27±0,00	0,27±0,00	0,27±0,00	0,27±0,00	0,27±0,00	0,27±0,00
6.	0,30±0,00	0,31±0,00	0,31±0,00	0,31±0,00	0,30±0,00	0,31±0,00
7.	0,33±0,00 ^e	0,36±0,00 ^b	0,37±0,00 ^a	0,34±0,00 ^d	0,35±0,00 ^c	0,35±0,00 ^c
8.	0,30±0,00 ^d	0,31±0,00 ^b	0,32±0,00 ^a	0,31±0,00 ^c	0,31±0,00 ^b	0,31±0,00 ^{cd}

Kontrol Grubu = DHA-Gold, I. Grup = DHA-Gold+Emülsiyon-I, II. Grup = DHA-Gold+Emülsiyon-II, III. Grup = DHA-Gold+Olio ω-3, IV. Grup = DHA-Gold+Red Pepper, V. Grup = DHA-Gold+(n-3) Top Rich

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir (P<0,05).

Rotiferlere uygulanan besleme rejimine göre yedinci gün sonunda en yüksek büyüme hızı DHA-Gold + Emülsiyon-II ile beslenen grupta $0,37 \pm 0,00$ bölünme/gün olarak saptanmasına karşın en düşük büyüme hızı kontrol grubunda $0,33 \pm 0,00$ bölünme/gün olarak tespit edilmiştir. Rotiferlerde kontrol grubuna ait büyüme hızı değerleri diğer gruplardan istatistik olarak önemli oranda düşük bulunmuştur (P<0,05). Buna karşın DHA-Gold + Red Pepper ve DHA-Gold + (n-3) Top Rich ile beslenen rotiferlerin büyüme hızına ait değerler istatistik olarak benzerlik göstermiştir (P>0,05).

3.3. Rotiferlerin yğın kültüründe fekondite oranına emülsiyon yağların etkisi

Rotifer kültürüne uygulanan besleme rejimine göre elde edilen fekondite oranına ait değerler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Farklı besin ortamında kültüre edilen rotiferlerin fekondite oranı (yum/birey).

Zaman (gün)	Gruplar					
	Kontrol	I.	II.	III.	IV.	V.
1.	0,37±0,03	0,38±0,04	0,39±0,02	0,38±0,04	0,38±0,01	0,37±0,02
2.	0,39±0,01	0,39±0,01	0,41±0,01	0,40±0,01	0,39±0,02	0,39±0,04
3.	0,40±0,03	0,40±0,01	0,39±0,02	0,42±0,02	0,41±0,01	0,41±0,01
4.	0,40±0,01	0,40±0,00	0,41±0,01	0,41±0,01	0,42±0,01	0,40±0,01
5.	0,39±0,01	0,41±0,00	0,40±0,00	0,41±0,01	0,39±0,01	0,41±0,01
6.	0,46±0,01	0,47±0,00	0,49±0,01	0,46±0,00	0,47±0,00	0,48±0,01
7.	0,34±0,01 ^b	0,36±0,00 ^{ab}	0,38±0,01 ^a	0,35±0,00 ^{ab}	0,37±0,01 ^{ab}	0,36±0,00 ^{ab}
8.	0,25±0,00	0,27±0,00	0,28±0,00	0,25±0,01	0,27±0,01	0,26±0,02

Kontrol Grubu = DHA-Gold, I. Grup = DHA-Gold+Emülsiyon-I, II. Grup = DHA-Gold+Emülsiyon-II, III. Grup = DHA-Gold+Olio ω-3, IV. Grup = DHA-Gold+Red Pepper, V. Grup = DHA-Gold+(n-3) Top Rich

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir (P<0,05).

Rotifer kültürlerinde yedinci gün sonunda en yüksek fekondite değeri DHA-Gold + Emülsiyon-II ile beslenenlerde $0,38 \pm 0,01$ yumurta/birey, en düşük değer ise kontrol grubunda $0,34 \pm 0,01$ yumurta/birey olarak tespit edilmiş olup gruplar arası fark istatistikî olarak önemli bulunmuştur (P<0,05).

Rotiferlerin popülasyon artışına Emülsiyon-I ve Emülsiyon-II ile beslemenin etkisi değerlendirildiğinde; birey sayısı, büyüme hızı ve fekondite oranında elde edilen değerler istatistikî olarak önemli bulunmuştur (P<0,05). Emülsiyon yağlar ile beslenen rotiferlerde en yüksek birey sayısı, büyüme hızı ve fekondite oranı DHA-Gold + Emülsiyon-II ile zenginleştirmede belirlenmiştir.

Çalışmada rotiferlerin besinine emülsiyon yağ ilavesinin popülasyon artışına olumlu yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Rotifer popülasyon artışı denemelerinde hazırlanan deneysel emülsiyonlar ve ticari ürünlerin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmanın sonunda hazırlanan deneysel emülsiyonların ticari ürünlerden daha çok etki ettiği hatta deneysel emülsiyonlardan da Emülsiyon-II’nin Emülsiyon-I’den daha fazla etkili olduğu görülmüştür.

4. TARTIŞMA

Rotifer deniz balığı larvalarının üretiminde vazgeçilmez canlı yem kaynağıdır. Rotifer kültüründe popülasyon artışı yeterli ve kaliteli besin sağlanmasına bağlıdır. Emülsiyon ilavesinin rotiferlerin popülasyon artışı üzerine etkisi ile ilgili literatürlerin sınırlı olması nedeniyle elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde S ve L tipi rotifer *B. plicatilis*’in farklı besin ve kültür koşullarında yapılmış çalışmalarından da yararlanılmıştır.

Bu çalışmada kontrol grubunda elde edilen en yüksek birey sayısı $1030 \pm 12,58$ rot./ml ve büyüme hızı $0,33 \pm 0,0$ bölünme/gün olup, besin olarak mikroalg veya ticari ürünlerin kullanıldığı önceki çalışmaların (Qi vd., 2009; Pan vd., 2014; Rehberg-Hass vd., 2015; Ogello vd., 2016; Rebolledo vd., 2018; Cruz-Cruz vd., 2019) rapor ettiği birey sayısı (109-500 rot./ml) ve büyüme hızı (0.14-0.64) sonuçları ile karşılaştırıldığında benzer veya daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak, bu çalışmada elde edilen birey sayısı ve büyüme hızına ait bulgular önceki yapılan çalışmalardan daha yüksek ya da benzer olması kullanılan ürünlerin doğrudan etkisi değil deneme düzeninin ideal olduğunu göstermektedir. Diğer yandan çalışmalarda kullanılan rotifer stoklama yoğunluğu, gelişim safhası, kültür koşulları farklılık göstermektedir. Bu çalışmada ilk 6 gün besin olarak kullanılan ticari ürün

DHA-Gold'un kullanılmasının taze mikroalglerde olduğu gibi popülasyon artışını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Denemelerde rotiferde en yüksek birey sayısı $1250 \pm 11,54$ rot./ml ve büyüme hızı $0,37 \pm 0,00$ bölünme/gün olarak DHA-Gold + Emülsiyon-II ile beslenen grupta saptanmıştır. Rotifer *B. plicatilis*'e farklı besleme rejimlerinin uygulandığı ve popülasyon artışının belirlendiği önceki çalışmalarda en yüksek birey sayısı ve büyüme hızı değerleri; Peña-Aguado vd. (2005), *Chlorella vulgaris* + ekmekek mayası ile beslenen rotiferlerde birey sayısını 140 rot./ml, Flores-Burgos vd. (2005), *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus acutus* ile beslenen rotiferlerde büyüme hızını 1,15 bölünme/gün, Kostopoulou vd. (2006), Kültür Selko + *Tetraselmis suecica* ile beslenen rotiferlerde birey sayısını 300 rot./ml, Hamre vd. (2008), ekmekek mayası + morina karaciğer yağı ile beslenen rotiferlerde birey sayısını 718 ± 120 rot./ml, Penglase vd. (2011), maya + selenyum ile beslenen rotiferlerde büyüme hızını 0,26 bölünme/gün, Waqalevu vd. (2019), *Chlorella vulgaris* + salmon yumurtası emülsiyonu ile beslenen rotiferlerde büyüme hızını 0,51 bölünme/gün olarak bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen popülasyon artışına ait bulgular bazı araştırmacılar tarafından daha yüksek ya da farklılık göstermektedir. Bu farklılık kültür koşullarına ve kullanılan rotifer kaynağının kalıtsal yapısına bağlı olarak değişmektedir. Bununla birlikte emülsiyon ilavesinin rotifer popülasyon artışına etkisi, önceki çalışmalarda besin olarak kullanılan farklı mikroalgler veya ticari ürünler ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu görülmektedir.

Fekondite oranı kültürün büyüme hızı göstergesidir ve popülasyondaki artışın ölçülmesinde kullanılan parametrelerden biridir. Bu çalışmada yığın kültürde en yüksek fekondite oranı popülasyon artışının da en yüksek olduğu DHA-Gold + Emülsiyon-II ile beslenen grupta $0,38 \pm 0,01$ yumurta/birey olarak tespit edilmiştir. Elde edilen fekondite oranları bazı araştırmacıların değerlerinden yüksek (Varghese ve Krishnan, 2010; Pan vd., 2014; Waqalevu vd., 2019), bazı araştırmacıların sonuçları ile benzerlik (Rehberg-Hass vd., 2015) göstermektedir. Araştırmacılar tarafından farklı olmasındaki etmenlerin rotifer kültür koşullarındaki farklılık ve emülsiyon içeren ortama adaptasyon ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada rotiferlerin zenginleştirilmesinde kullanılan ticari ve emülsiyon ürünlerin popülasyon artışında etkili olduğu özellikle hazırlanan Emülsiyon-II'nin pratikte kullanılması halinde sadece DHA-Gold kullanılan kontrol grubuna kıyasla daha yüksek popülasyon artışı sağlamıştır. Bu çalışmada formüle edilen emülsiyon yağların ticari emülsiyonlar ile hem besinsel içerik hem de maliyet açısından rekabet edebilir olduğu, larvaların büyüme ve yaşama oranına etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılacak ileriki çalışmalara ışık tutulacağı ve yetiştiricilik sektörüne katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

FİNANS

Bu çalışmanın yürütülmesinde herhangi bir finans desteği alınmamış olup doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, bu çalışmayı etkileyebilecek finansal çıkarlar veya kişisel ilişkiler olmadığını beyan eder.

YAZAR KATKILARI

Yazarlar çalışma anlayışına ve tasarımına eşit oranda katkı sağlamıştır.

ETİK ONAY BEYANI

Bu çalışmada deney hayvanları kullanılmaması nedeniyle Yerel Etik Kurul Onayı alınmamıştır.

VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI

Bu çalışmada kullanılan veriler makul talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2020a). DSM Birght Science. İnternet Sitesi: https://www.dsm.com/markets/anh/en_US/products/products-solutions/products-solutions/dhagold.html (Son erişim tarihi: 15.06.2020).
- Anonim (2020b). Bernaqua. İnternet Sitesi: <https://www.bernaqua.com> (Son erişim tarihi: 15.06.2020).
- Anonim (2020c). Rich Nutritionally Rich Hatchery Diets. İnternet Sitesi: <http://rich.gr> (Son erişim tarihi: 15.06.2020).
- Araujo, F. G., Rosa, P. V. (2016). Docosahexaenoic acid (C22:6n-3) alters cortisol response after air exposure in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) larvae fed on enriched *artemia*. *Aquaculture Nutrition*, 23, 1216-1224. <https://doi.org/10.1111/anu.12490>
- Campoverde, C., & Estevez, A. (2017). The effect of live food enrichment with docosahexaenoic acid (22: 6n-3) rich emulsions on growth, survival and fatty acid composition of meagre (*Argyrosomus regius*) larvae. *Aquaculture*, 478, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.012>
- Conceição, L. E., Yúfera, M., Makridis, P., Morais, S., & Dinis, M. T. (2010). Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture research*, 41 (5), 613-640. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02242.x>
- Cruz-Cruz, I., Maldonado-García, M., Rebollar-Prudente, R., Estrada-Godínez, J. A., Pacheco-Vega, J. M., & Cadena-Roa, M. (2019). Nutritional value and population growth of *Brachionus plicatilis* fed with endemic microalgae from North Pacific. *Latin American Journal Of Aquatic Research*, 47 (1), 42-51. <https://doi.org/10.3856/vol47-issue1-fulltext-6>
- Dhert, P., Rombaut, G., Suantika, G., & Sorgeloos, P. (2001). Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. *Aquaculture*, 200(1-2), 129-146. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00697-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00697-4)
- Eryalçın, K. M. (2018). Effects of different commercial feeds and enrichments on biochemical composition and fatty acid profile of rotifer (*Brachionus plicatilis*, Müller 1786) and *Artemia franciscana*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18 (1), 81-90. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_1_09
- Estevez, A., & Giménez, G. (2017). Optimization of emulsion properties and enrichment conditions used in live prey enrichment. *Aquaculture Nutrition*, 23 (6), 1264-1273. <https://doi.org/10.1111/anu.12501>
- Ferreira, M., Maseda, A., Fábregas, J., & Otero, A. (2008). Enriching rotifers with “premium” microalgae. *Isochrysis* aff. *galbana* clone T-ISO. *Aquaculture*, 279 (1), 126-130. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.044>
- Flores-Burgos, J., Sarma, S. S. S., & Nandini, S. (2005). Effect of single species or mixed algal (*Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus*) diets on the life table demography of *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus patulus* (Rotifera: Brachionidae). *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 33 (6), 614-621. <https://doi.org/10.1002/aheh.200500602>

- Fuentes-Quesada, J. P., & Lazo, J. P. (2018). The effect of lipid type on lipid digestion enzymes during larval development of the California halibut, *Paralichthys californicus*. *Aquaculture*, 488, 49-60. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.018>
- Giménez Papiol, G., & Estévez, A. (2019). Effects of dietary arachidonic and eicosapentaenoic acids on common dentex (*Dentex dentex* Linnaeus 1758) larval performance. *Journal of the World Aquaculture Society*, 50 (5), 908-921. <https://doi.org/10.1111/jwas.12599>
- Giri, S. S., Sahoo, S. K., Sahu, B. B., Sahu, A. K., Mohanty, S. N., Mukhopadhyay, P. K., & Ayyappan, S. (2002). Larval survival and growth in *Wallago attu* (Bloch and Schneider): Effects of light, photoperiod and feeding regimes. *Aquaculture*, 213 (1&4), 151-161. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00012-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00012-1)
- Hagiwara, A., & Marcial, H. S. (2019). The use of non-*Brachionus plicatilis* species complex rotifer in larviculture. *Hydrobiologia*, 844(1), 163-172. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3837-z>
- Hamre, K., Srivastava, A., Rønnestad, I., Mangor-Jensen, A., & Stoss, J. (2008). Several micronutrients in the rotifer *Brachionus* sp. may not fulfil the nutritional requirements of marine fish larvae. *Aquaculture Nutrition*, 14 (1), 51-60. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00504.x>
- Hamre, K., Yufera, M., Rønnestad, I., Boglione, C., Conceicao, L.E.C., Izquierdo, M.S. (2013). Fish larval nutrition and feed formulation knowledge gaps and bottlenecks for advances in larval rearing. *Reviews in Aquaculture*, 5, 526-558. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01086.x>
- Jafari, M., Kamarudin, M. S., Saad, C. R., Arshad, A., Oryan, S., & Guilani, M. H. T. (2011). Effects of different diets on growth, survival and body composition of *Rutilus frisii kutum* larvae. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 6 (6), 662-668. <https://doi.org/10.3923/jfas.2011.662.668>
- Kolkovski, S., Lazo, J., Leclercq, D., & Izquierdo, M. (2009). Fish larvae nutrition and diet: new developments. In *New Technologies in Aquaculture* (pp. 315-369). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845696474.3.315>
- Kostopoulou, V., Miliou, H., Katis, G., & Verriopoulos, G. (2006). Changes in the population structure of the lineage 'Nevada' belonging to the *Brachionus plicatilis* species complex, batch-cultured under different feeding regimes. *Aquaculture International*, 14 (5), 451-466. <https://doi.org/10.1007/s10499-006-9048-z>
- Maehre, H. K., Hamre, K., Elvevoll, E. O. (2013). Nutrient evaluation of rotifers and zooplankton: feed for marine fish larvae. *Aquaculture Nutrition*, 19, 301-311. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00960.x>
- Ogello, E. O., Kim, H. J., Suga, K., & Hagiwara, A. (2016). Lifetable demography and population growth of the rotifer *Brachionus angularis* in Kenya: influence of temperature and food density. *African Journal of Aquatic Science*, 41 (3), 329-336. <https://doi.org/10.2989/16085914.2016.1186590>
- Okunsebor, S.A. and Ayuma, V. (2011). Growths, survival rate and condition factor of *Heteroclaris hatchling* fed cultured *Moina micra*, Shell free *Artemia* and combination of both as starter feed. *Livestock Research for Rural Development*, 23 (3), 519-525.
- Pan, L., Xi, Y. L., Cao, H. Y., Peng, B., & Wang, J. X. (2014). Combined effects of temperature and prey (*Brachionus angularis*) density on life-table demography and population growth of *Asplanchna brightwelli* (Rotifera). In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 50, No. 4, pp. 261-268). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/limn/2014021>
- Peña-Aguado, F., Nandini, S., & Sarma, S. S. S. (2005). Differences in population growth of rotifers and cladocerans raised on algal diets supplemented with yeast. *Limnologica*, 35 (4), 298-303. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2005.08.002>
-

- Penglase, S., Hamre, K., Sweetman, J. W., Nordgreen, A. (2011). A new method to increase and maintain the concentration of selenium in rotifers (*Brachionus spp.*). *Aquaculture*, 315, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.007>
- Qi, Z., Dierckens, K., Defoirdt, T., Sorgeloos, P., Boon, N., Bao, Z., & Bossier, P. (2009). Effects of feeding regime and probionts on the diverting microbial communities in rotifer *Brachionus* culture. *Aquaculture International*, 17 (4), 303-315. <https://doi.org/10.1007/s10499-008-9202-x>
- Rasdi, N. W., Ikhwannuddin, M., Azani, N., Ramlee, A., Yuslan, A., Suhaimi, H., ... & Arshad, A. (2020). The effect of different feeds on the growth, survival and reproduction of rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Journal of Environmental Biology*, 41(5), 1275-1280. [https://doi.org/10.22438/jeb/41/5\(SI\)/MS_20](https://doi.org/10.22438/jeb/41/5(SI)/MS_20)
- Rebolledo, U. A., Nandini, S., Sarma, S. S. S., Reyes, J. C. R., & de Oca, G. A. R. M. (2018). Demographic and competition studies on *Brachionus ibericus* and *Proales similis* in relation to salinity and algal (*Nannochloropsis oculata*) density. *Aquaculture International*, 26 (2), 629-644. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0233-z>
- Rehberg-Haas, S., Meyer, S., Lippemeier, S., Schulz, C. (2015). A comparasion among different *Pavlova* sp. products for cultivation of *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, 435, 424-430. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.029>
- Román-Padilla, J., Rodríguez-Rúa, A., Ponce, M., Manchado, M., & Hachero-Cruzado, I. (2017). Effects of dietary lipid profile on larval performance and lipid management in Senegalese sole. *Aquaculture*, 468, 80-93. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.10.005>
- Sahandi, J., & Jafaryan, H. (2011). Rotifer (*Brachionus plicatilis*) culture in batch system with suspension of algae (*Nannochloropsis oculata*) and bakery yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 4(4), 526-529.
- Sandeep, K. P., Vasagam, K. K., & Dayal, J. S. (2015). Live Feeds and its Role in Health Management in the Larviculture of Brackishwater Finfish and Shellfishes. *Dr. KK Vijayan*, 121.
- Sargent, J. R., McEvoy, L. A., & Bell, J. G. (1997). Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155 (1-4), 117-127. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00122-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00122-1)
- Sargent, J., McEvoy, L., Estevez, A., Bell, G., Bell, M., Henderson, J., & Tocher, D. (1999). Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture*, 179 (1), 217-229. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00191-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00191-X)
- Saidi, H., Morales-Medina, R., Abrehouch, A., Fahd, S., Guadix Escobar, E. M., & Pérez-Gálvez, R. (2018). Effect of the supplementation of live preys enriched in cod liver oil on the survival rate, growth and fatty acid profile of meagre (*Argyrosomus regius*) larvae. *Aquaculture Research*, 49 (3), 1133-1141. <https://doi.org/10.1111/are.13563>
- Varghese, M., & Krishnan, L. (2010). Reproductive potential of the rotifer, *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff in relation to salinity, feed type and feed concentration. *Indian Journal of Fisheries*, 57 (1), 31-37.
- Villalta, M., Estévez, A., & Bransden, M. P. (2005). Arachidonic acid enriched live prey induces albinism in Senegal sole (*Solea senegalensis*) larvae. *Aquaculture*, 245 (1-4), 193-209. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.035>
- Waqalevu, V., Honda, A., Dossou, S., Khoa, T. N. D., Matsui, H., Mzengereza, K., ... & Kotani, T. (2019). Effect of oil enrichment on *Brachionus plicatilis* rotifer and first feeding red sea bream (*Pagrus major*) and Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 510, 73-83. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.039>
- Yin, X. W., & Zhao, W. (2008). Studies on life history characteristics of *Brachionus plicatilis* OF Müller (Rotifera) in relation to temperature, salinity and food algae. *Aquatic Ecology*, 42(1), 165-176. <https://doi.org/10.1007/s10452-007-9092-4>

- Yoshimatsu, T., & Hossain, M. A. (2014). Recent advances in the high-density rotifer culture in Japan. *Aquaculture international*, 22 (5), 1587-1603. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9767-5>
- Zhang, D.M., Yoshimatsu, T., Furuse, M., 2005. Effect of L-carnitine enrichment on the population growth, egg ratio and body size of marine rotifer, *Brachionus rotundiformis*. *Aquaculture*, 248, 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.019>
-