

PAPER DETAILS

TITLE: Üç Farklı Su Sıcaklığı Rejiminde, Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax* PALLAS 1811)

Alevinlerinin Boy Artışı, Maksimum Alevin Ağırlığı ve Gelişim İndeksi

AUTHORS: Nadir BAŞÇINAR, Eyüp ÇAKMAK, Nilgün AKSUNGUR

PAGES: 29-37

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/214321>

Üç Farklı Su Sıcaklığı Rejiminde, Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax* PALLAS 1811) Alevinlerinin Boy Artışı, Maksimum Alevin Ağırlığı ve Gelişim İndeksi

Nadir BAŞÇINAR¹ Eyüp ÇAKMAK² Nilgün AKSUNGUR²

¹ KTÜ Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, 61530
Çamburnu - Trabzon

² Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Şana - TRABZON

nbascinar@gmail.com

ÖZET

Çalışmada, Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) alevinlerinin, çıkıştan besin keselerini tamamen tükettikleri döneme kadar boy artışı, maksimum alevin ağırlıkları, gelişim indeksleri ve ölüm oranlarının ortaya konması amaçlanmıştır. Yumurtaları çıkışa kadar su sıcaklığı $9,0 \pm 0,54$ °C olan kaynak suyunda kuluçkalanmış ve çıkışı takiben alevinler üç gruba ayrılmıştır. İlk grup ($9 \pm 0,2$ °C, 1750 adet), kuluçkalamanın gerçekleştiği, ikinci grup ($16 \pm 0,2$ °C, 2050 adet) ve son grup ($5 \pm 1,43$ °C, 1600 adet) ise su sıcaklığının tamamen doğal olarak değişen dere suyunda ($5,0 \pm 1,43$ °C) inkübe edilmiştir.

Yumurtadan çıkış anında ortalama larva boyu $11,65 \pm 0,47$ mm ve toplam ağırlık $72,43 \pm 3,01$ mg iken, besin kesesi tamamen tüketildiğinde bu değerler sırasıyla 5 °C grubunda $23,85 \pm 0,58$ mm ve $92,04 \pm 8,92$ mg; 9 °C grubunda $23,25 \pm 0,43$ mm ve $80,26 \pm 5,77$ mg ve 16 °C grubunda ise $22,00 \pm 0,62$ mm ve $68,54 \pm 4,61$ mg olarak ölçülmüş, gruplar arasında farklılıklar önemli ($P < 0,001$) bulunmuştur. Maksimum alevin ağırlığına 16 °C grubunda 14. gün, 9 °C grubunda 28. gün ve 5 °C grubunda ise 42. günde ulaşılmış, farklılıkların önemli olduğu ($P < 0,001$) tespit edilmiştir. Besin kesesi tamamen tüketildiğinde gelişim indeksi (K_D) değeri 5 °C grubunda diğer gruplardan yüksek ($P < 0,05$), 9 °C ve 16 °C grupları benzer bulunmuştur. Boy, ağırlık ve gelişim indeksi değerleri ile zaman arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir. Kümülatif ölüm oranı, 9 °C grubunda %7,25 ile en düşük, %73,70 ile 16 °C grubunda en yüksek olarak hesaplanmıştır ($P < 0,001$).

İlk beslenme büyüklüğüne, 16 °C'de kısa sürede ulaşılmış, ancak açlık durumunda ağırlık kaybı hızlı seyretmiş ve ölüm oranı artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karadeniz alabalığı, *Salmo trutta labrax*, boy artışı, maksimum alevin ağırlığı, gelişim indeksi, ölüm oranı.

Length Increasing, Maximum Alevin Weight, and Development Indices of Black Sea Trout Alevins (*Salmo trutta labrax* PALLAS 1811) in Three Different Water Temperature Regimes

ABSTRACT

In this study, length increasing, maximum alevin weight, development indices, and mortality of Black Sea trout, *Salmo trutta labrax* (Pallas, 1811), alevins from hatch to full exploited of yolk, were determined, and relationships between days and alevins length, total wet weight, and development indices were determined. The eggs were hatched at 9.0 ± 0.54 °C water temperature, and hatched alevins were divided randomly three groups (first group was hatched at 9 °C, 1750 alevins; second group was hatched at 16 °C, 2050 alevins, and the last group was hatched at 5 °C, creek water temperature changed naturally, 1600 alevins).

While at hatching, mean alevins length and total wet weight values were 11.65 ± 0.47 mm and 72.43 ± 3.01 mg, at full exploited of yolk stage these values were measured as 23.85 ± 0.58 mm and 92.04 ± 8.92 mg at 5 °C group, 23.25 ± 0.43 mm and 80.26 ± 5.77 mg at 9 °C group, and 22.00 ± 0.62 mm and 68.74 ± 4.61 mg at 16 °C group, respectively, differences were significant ($P < 0.001$).

The alevins reached at maximum alevins wet weight at 14th day at 16°C group, 28th day at 9 °C group, and 42nd day at 5 °C group, differences were significant ($P < 0.001$). When full exploited of yolk stage, development indices (K_D) values of 5 °C group was higher than the other groups ($P < 0.05$), values of 9 °C and 16 °C groups were similar. Relationships between time (day) and length, total wet weight, and development indices were found significantly. Cumulative mortality rates was calculated lower at 9 °C group (7.25%), and higher at 16 °C group (73.70%) ($P < 0.001$).

The alevins were reached first feeding size in short time at 16 °C, but weight decreasing was faster due to starvation, and mortality rate increased.

Key Words: Black Sea trout, *Salmo trutta labrax*, length increasing, maximum alevins weight, development indices, mortality.

GİRİŞ

Salmonidler üremek için kısa gün ve soğuk suları tercih etmektedir. Su sıcaklığı, yaşama oranı, besin kesesi tüketimi ve gelişim üzerine etki etmektedir. Yumurta inkübasyonu için oldukça dar sınırlar içinde kalan su sıcaklığı, alevinler için daha geniş sınırlar gösterir. Atlantik salmonu (*Salmo salar*) yumurtası için üst limit 16 °C, alevinler için ise 22 °C olarak gözlenmiştir (Ojanguren ve diğ., 1999). Kahverengi alabalık (*Salmo trutta*) için optimum embriyonik gelişim sıcaklığı 8–10 °C olarak bildirilmiştir (Ojanguren ve Braña, 2003).

Atlantik salmonu (Hansen ve Møller, 1985; Petersen ve Martin-Robichaud, 1995; Ojanguren ve diğ., 1999), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Hodson ve Blunt, 1986), çelikbaş (*Salmo gairdneri*) (Rombough, 1988), kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) (Başçınar ve diğ., 2003), Alp Alası (*Salvelinus alpinus*), kaynak alabalığı x Alp Alası hibridleri (Dumas ve diğ., 1995), kahverengi alabalık (Hansen, 1985; Ojanguren ve Braña, 2003), pembe salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*), chum salmonu (*Oncorhynchus keta*), koho salmonu (*Oncorhynchus kisutch*), sokeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) (Beacham ve Murray, 1990) ve şinok salmonu (*Oncorhynchus tshawytscha*) (Rombough, 1985) alevinlerinin gelişimleri daha önce çalışılmıştır. Türlerin gereksinimleri, alt ve üst limitleri birbirinden farklılıklar gösterebilmektedir (Beacham ve Murray, 1990). Dolayısıyla yapılacak çalışmalar her ne kadar benzerlik gösterse de, türlerin ayrı ayrı değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Besin kesesi tüketim mekanizması üzerine, kese temas alanı, kese tüketimi sonucu temas alanı değişimleri ve abiotik faktörlerden özellikle su sıcaklığı ile ilgili tanımlamalar yapılmıştır (Heming ve Buddington, 1988). Oysa doğal yumurtlama alanı, ve su sıcaklıkları farklılıklar göstermekte, yumurta ve alevinlerin yaşama oranını etkilemektedir (Murray ve Beacham, 1986). Maksimum alevin ağırlığına ulaşma dönemleri ise ilk besleme yapılması gereken zaman olarak kabul edilmektedir. Maksimum alevin ağırlığına ulaşıldığı dönemde büyüme oranı sıfır, yani anabolik ve

katabolik oranlar birbirine eşit hale gelmektedir (Beer ve Anderson, 1997). Daha sonraki dönemde besin kesesi absorpsiyonu ile elde edilen enerji, gereksinimi karşılayamadığından alevin ağırlığı azalmakta (Beer ve Anderson, 1997), gelişim indeksi değeri düşmekte ve canlının su içeriği artmaktadır (Petersen ve Martin-Robichaud, 1995). Besin bulamama veya ilk beslemenin gecikmesi ölüm oranının daha da artmasına yol açmaktadır.

Çalışmada, yumurtadan çıkışa kadar kaynak suyunda (9,0±0,54 °C) kuluçkalanmış olan Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) alevinlerinin, üç farklı su sıcaklıklarında, boy artışı, maksimum alevin ağırlığı, gelişim indeksleri ve ölüm oranının tespiti edilmesi ve zamana bağlı (gün) ilişkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, üç dişi Karadeniz alabalığının yumurtaları birbirine karıştırılarak stok oluşturulmuş ve çıkışa kadar sıcaklığı 9,0±0,54 °C olan kaynak suyunda kuluçkalanmış ve çıkışı takiben alevinler rasgele olarak üç gruba ayrılmıştır. İlk grup (9 °C), kuluçkalamanın gerçekleştiği suda, ikinci grup (16 °C) su sıcaklığı termostatlı ısıtıcılarla ayarlanan 16,±0,24 °C'lik suda ve son grup (5 °C) ise su sıcaklığı tamamen doğal olarak değişen dere suyunda (5,0±1,43 °C) inkübe edilmiştir. Her grupta ortalama 1700 adet alevin stoklanmıştır. Alevinler çalışma boyunca yemlenmemiş ve dış ortamdan yem girişi engellenmiştir.

Alevinlerin yaklaşık yarısının yumurtadan çıkışını takiben örnekleme başlamıştır. Her örneklemede 10 adet alevin rasgele ile alınarak boy (±0,5 mm) ve ağırlıkları (±0,1 mg) ölçülmüştür. Örnekleme, alevinlerin besin keselerini tükettikleri dönemde sona ermiştir.

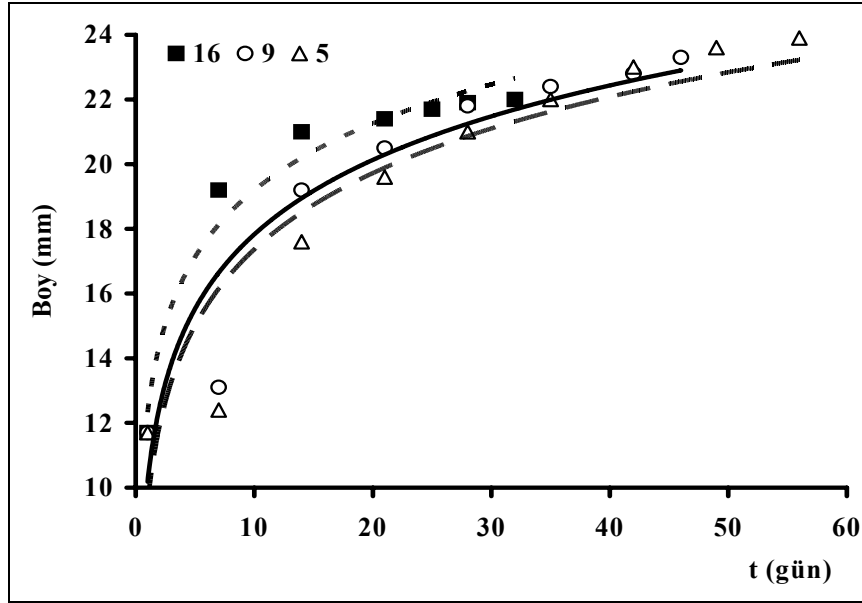
Boyca büyüme oranı (BBO; %)=100 x (B_t - B₀) / B₀; gelişim indeksi (K_D)=10 x A^{1/3} / B ve bir (1) mg besin kesesi tüketimi ile kazanılan yaş larva ağırlığı (KYA_k) = (Ly_t-Ly₀) / (Ky₀-Ky_t) eşitlikleri ile belirlenmiştir (Peterson ve Martin-Robichaud, 1995). Burada; t: süre (gün), B: Boy (mm), A: Ağırlık (mg), Ly₀ ve Ly_t başlangıç (0) ve t anındaki larvanın yaş ağırlıkları (mg), (Ky₀-Ky_t) başlangıç ve t anındaki kesenin yaş ağırlıkları (mg)'dır. Elde

edilen veriler MINITAB 13.0 istatistik programı yardımıyla irdelenmiş, farklılıklar varyans analizi (ANOVA) ve Tukey testi ile ortaya konmuştur.

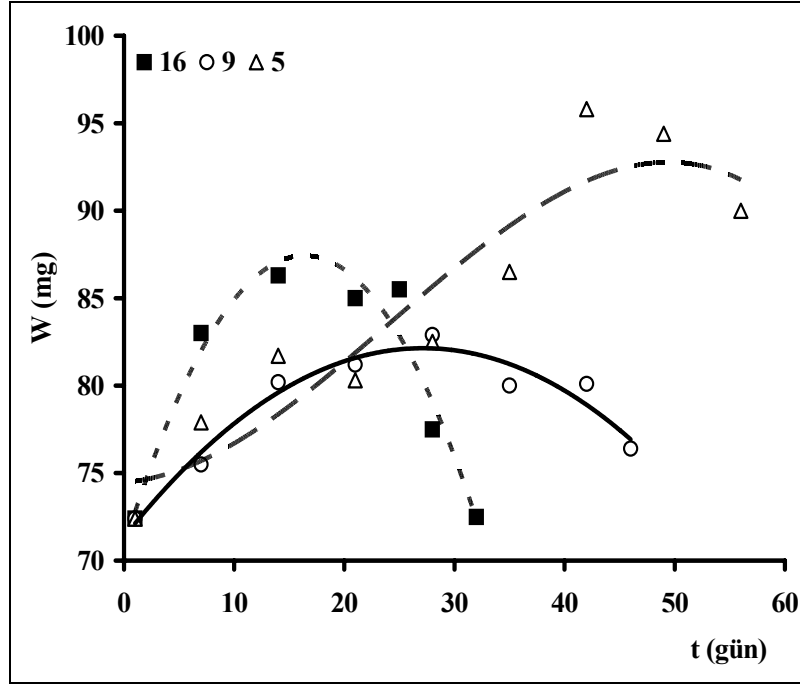
BULGULAR

Yumurtadan çıkış 43. günde başlamış ve 49. günde tamamlanmıştır. İlk örnekleme ise %50 çıkışın gerçekleştiği dönemde başlamıştır ve başlangıç bir (1) olarak kabul edilmiştir. İlk alınan örneklerde ortalama alevin boyu ve ağırlık değerleri sırasıyla, $11,65 \pm 0,47$ mm ve $72,43 \pm 3,01$ mg iken, maksimum alevin ağırlığına ulaşıldığı dönemde, bu değerler sırasıyla, 5 °C grubunda $23,00 \pm 0,58$ mm ve

$95,84 \pm 6,34$ mg (42. gün), 9 °C grubunda $21,80 \pm 0,67$ mm ve $82,87 \pm 7,35$ mg (28. gün) ve 16 °C grubunda ise $20,95 \pm 0,76$ mm ve $86,25 \pm 7,56$ mg (14. gün) olarak ölçülmüştür (Şekil 1 ve 2). Üç grubun boy değerleri birbirinden önemli derecede farklı bulunurken ($F=23,24$, $P<0,001$), ağırlık değerleri 5 °C grubunda diğer gruplardan daha yüksek ($F=8,98$, $P<0,01$), diğer gruplar benzer bulunmuştur. Maksimum alevin ağırlığına ulaşıldığında 5 °C grubunun gelişim indeksi değeri ($2,11 \pm 0,055$) diğer gruplardan yüksek ($P<0,05$), 9 °C ($2,00 \pm 0,040$) ve 16 °C ($1,99 \pm 0,040$) gruplarının ise benzer olduğu bulunmuştur.



Şekil 1. Boy artışı (5: - -, 9: —, 16: ··).

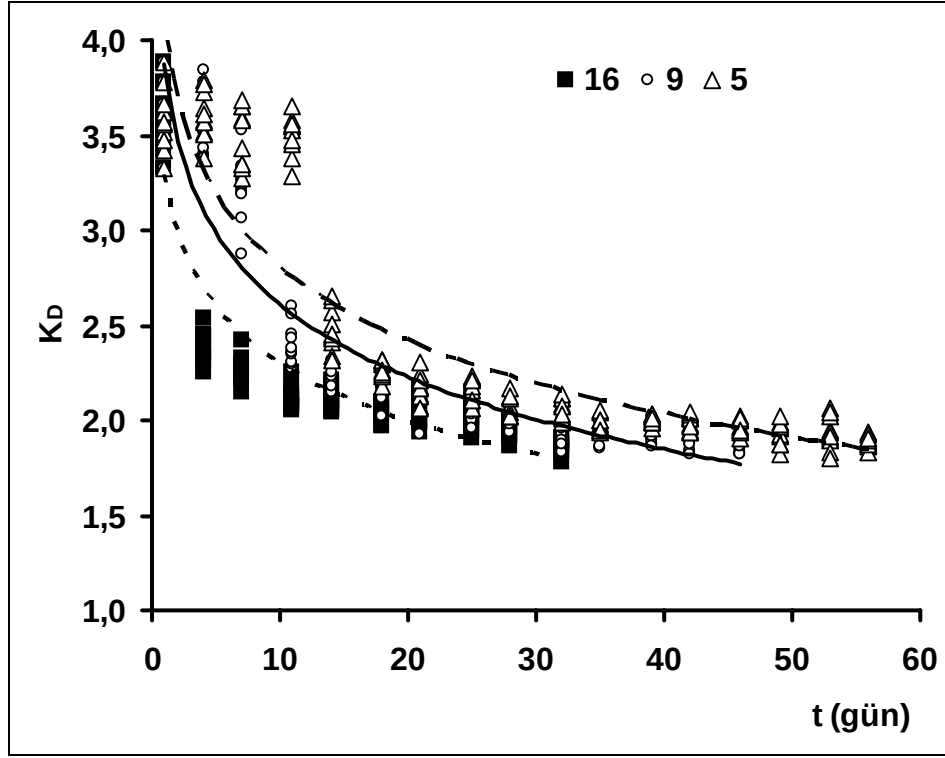


Şekil 2. Yaş ağırlıkta zamana bağlı değişim (YTA) (5: ---, 9: —, 16: ··).

Tüm gruplarda ani boy artışı gözlenmiştir. Ani değişimleri gözlemek amacıyla hafta ortalarında alınan örnekler irdelendiğinde, ani boy artışlarının 16 °C grubunda ilk dört gün, 9 °C grubunda 7–11. gün ve 5 °C grubunda ise 11–14. günler arasında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Boyca büyüme oranı, ani bir artış göstermiş olduğu dönemlerde 16 °C grubunda (%51,4±9,68), diğer gruplarından önemli derecede farklılık göstermiş ($P<0,001$), 5 °C

(%38,2±6,8) ile 9 °C (%38,±9,2) grupları ise benzer bulunmuştur.

Alevlerin, besin keselerini tamamen tükettiği evrede sahip oldukları boy, ağırlık ve gelişim indeki değerleri (Şekil 3) karşılaştırıldığında, boy ve ağırlıkların tüm gruplarda birbirinden farklılık gösterdiği ($P<0,01$) ve 5 °C grubunda gelişim indeki değerinin diğer gruplardan yüksek ($P<0,5$), 9 °C ve 16 °C gruplarının ise benzer olduğu bulunmuştur (Çizelge 1).



Şekil 3. Gelişim indeksinde (K_D) zamana bağlı değişim (YTA) (5: ---, 9: —, 16: ··).

Çizelge 1. Karadeniz alabalığı alevinlerinin besin kesesi tamamen tüketildiği andaki ortalama boy (B; mm), ağırlık (A; mg) ve gelişim indeksi (K_D) değerleri. T: °C, t: gün.

T (t)	5 (56)	9 (46)	16 (32)	F	P
B	23,85 ± 0,580 ^a	23,25 ± 0,425 ^b	22,00 ± 0,624 ^c	29,51	0,000
A	92,04 ± 8,918 ^a	80,26 ± 5,765 ^b	68,54 ± 4,612 ^c	30,90	0,000
K_D	1,89 ± 0,031 ^a	1,85 ± 0,027 ^b	1,86 ± 0,038 ^b	3,76	0,036

Bir mg besin kesesi tüketimi ile kazanılan yaş ağırlık değerleri (KYA_k), serbest yüzme aşaması ve kesenin tam tükendiği dönemde, sırasıyla, 5 °C grubunda 1,51±0,22 (42. gün) ve 1,50±0,12 (56. gün), 9 °C grubunda 1,17±0,27 (28. gün) ve 1,16±0,24 (42. gün) ve 16 °C grubunda ise 1,21±0,19 (21. gün) ve 1,12±0,09 mg (28. gün) olarak hesaplanmıştır. Gerek serbest yüzme aşaması ($P<0,01$, $F=6,48$) ve

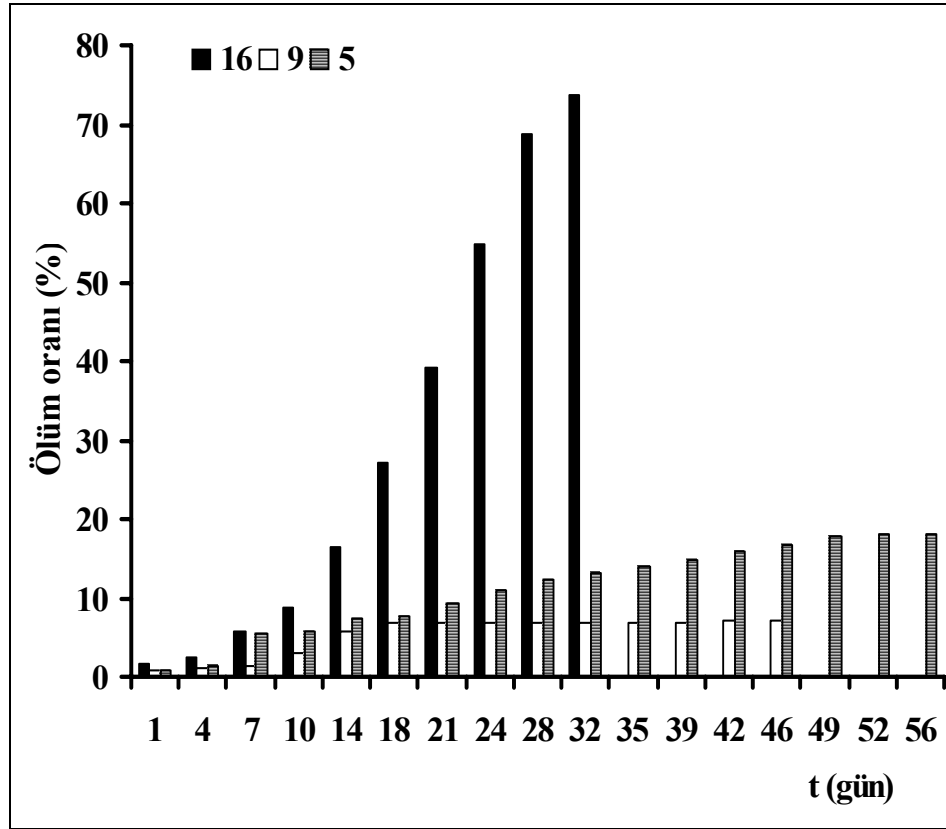
gerekse kesenin tam tükendiği ($P<0,001$, $F=17,77$) dönemde 5 °C grubu diğer gruplardan önemli derecede yüksek, diğer gruplar ise benzer bulunmuştur.

Zamana bağlı olarak boy, ağırlık ve gelişim indeksi değerleri arasında önemli ilişkiler elde edilmiş ve bu ilişkilere ait model ve değerler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Boy, ağırlık ve gelişim indeksi ile zaman arasındaki ilişkiler.

	Model	a	b veya b ₁	b ₂	b ₃	R ²	F	P
B5	y=a+blogx	9,539	7,83328			0,87	48,78	0,000
B9	y=a+blogx	10,183	7,64643			0,89	48,33	0,000
B16	y=a+blogx	12,331	6,86100			0,97	142,6	0,000
A5	y=a+b ₁ x+b ₂ x ² +b ₃ x ³	74,479	0,04349	0,02069	-0,00028	0,84	11,09	0,012
A9	y=a+b ₁ x+b ₂ x ²	71,338	0,79593	-0,01466		0,94	40,01	0,001
A16	y=a+b ₁ x+b ₂ x ²	70,799	2,03068	-0,06196		0,94	33,35	0,003
K _D 5	y=a+blogx	4,083	-1,2778			0,80	664,94	0,000
K _D 9	y=a+blogx	3,871	-1,2627			0,87	923,77	0,000
K _D 16	y=a+blogx	3,290	-0,9933			0,86	580,21	0,000

Kümülatif ölüm oranı, 5 °C grubunda %18,90, 9 °C grubunda %7,5 ve 16 °C grubunda %73,70 olarak hesaplanmış, gruplar birbirinde önemli farklılıklar (P<0,01, F=9,78) göstermiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Kümülatif ölüm oranları.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Salmonid yumurtalarının embriyonal gelişimi üzerine etki eden en önemli abiyotik

faktör su sıcaklığıdır. Pek çok araştırmacı tarafından yumurtadan çıkış ve besin kesesinin tüketilme zamanı gün veya gün-derece olarak ifade edilmekte ve gelişimleri gün (Hansen,

1985; Hansen ve Møller, 1985; Hodson ve Blunt, 1986, Peterson ve Martin-Robichaud, 1995) veya gün-derece ile ilişkilendirilmektedir (Dumas ve diğ., 1995; Ojanguren ve Braña, 2003; Başçınar ve diğ., 2003). Bu çalışmada ilişkilendirme gün ile yapılmıştır.

Zamana bağlı boy artışı 16 °C grubunda diğer gruplara nazaran hızlı seyretmesine rağmen, besin kesesi tamamen tüketildiğinde diğer gruplara göre küçük kalmıştır ($P<0,001$). Ağırlık artışı karşılaştırıldığında ise 16 °C grubunda elde edilen maksimum alevin ağırlığı 9 °C grubundan yüksek, 5 °C grubundan düşüktür. Ancak besin kesesinin tam olarak tükendiği dönemde ağırlık kaybı 16 °C grubunda hızlı seyretmiş ve diğer gruplara göre daha düşük kalmıştır ($P<0,001$). Yüksek su sıcaklıklarında metabolizmanın hızlanması ve enerji gereksiniminin artması 9 °C grubu ile 5 °C grubu arasındaki farklılığı açıklamak için kabul edilebilir bir gerekçedir. Diğer taraftan canlı besin kesesini tüketirken diğer taraftan doku sentezi için ortamdan su absorbe etmektedir. Pek çok araştırmacı bu nedenle toplam yaş ağırlık yerine kuru ağırlıkları tercih etmektedir (Hansen, 1985; Hansen ve Møller, 1985; Dumas ve diğ., 1995, Başçınar, 2003). İlk beslemenin başlaması için uygun zaman, canlının maksimum ağırlığa ulaştığı dönem olarak kabul edilmektedir (Rombough, 1985) ve maksimum alevin ağırlığının belirlenmesini gerektirir. Maksimum alevin ağırlığı su sıcaklığı yanında yumurta büyüklüğüne bağlı olarak da değişmektedir (Rombough, 1985). Bu nedenle bazı türler için, bazı su sıcaklıklarında maksimum alevin ağırlığı ile zaman arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur (Rombough, 1985; Peterson ve Martin-Robichaud, 1995; Ojanguren ve Braña, 2003). Yapılan çalışmalar gelişim indeksi değerlerinin maksimum alevin ağırlığına ulaşıldığında “2” civarında olduğunu (Peterson ve Martin-Robichaud, 1995), su sıcaklığı arttıkça gelişim indeksi değerlerinin arttığını (Rombough, 1985) göstermiştir. Bu çalışmada gelişim indeksi değerleri maksimum alevin ağırlığına ulaşıldığında 5 °C ve 9 °C grupları için 1,98 ve 1,99 olarak hesaplanmıştır.

Rombough (1985)'un yaptığı çalışmada, su sıcaklığı ile gelişim indeksi değerlerinin arttığı görülmektedir ve bu çalışmada 16 °C grubunun diğer gruplardan yüksek olmasının su sıcaklığından kaynaklandığı sonucunu desteklemektedir. Diğer taraftan embriyonun su içeriği 16 °C grubunda %81,9 ile diğer gruplardan yüksek ($P<0,05$) bulunmuştur.

Atlantik salmonunda yapılan çalışmada, substratlı ortamda yaş ağırlıkla gün arasında üçüncü dereceden polinomial ilişkiler belirlenmiştir. Substratın olmadığı ortamdaki ilişkiler ise önemsiz bulunmuştur (Peterson ve Martin-Robichaud, 1995). Bu çalışmada belirlenen ilişkiler 5 °C grubunda üçüncü, diğer gruplarda ikinci derecedendir ve farklılıkların ortamdan (Hansen ve Møller, 1985) kaynaklandığı belirtilebilir.

Kahverengi alabalık yumurtaları ve larvalarında yüksek yaşama oranı için en uygun su sıcaklığı 8–10 °C olarak bildirilmiştir. Su sıcaklığı arttıkça yumurtadan çıkış süresi kısalmakta, su sıcaklığı azaldıkça da uzamaktadır. Belirli bir sıcaklığın altında ve üstünde ise ölüm oranı %100'e ulaşmaktadır (Ojanguren ve Braña, 2003). Bu çalışmada yumurtaların kuluçkalanmasında kullanılan kaynak suyu sıcaklığı ortalama $9,0\pm0,54$ °C olarak ölçülmüştür. Besin kesesi tüketimi boyunca kümülatif ölüm oranı 16 °C grubunda giderek artmış ve alevinlerin yaklaşık 3/4'ü, 5 °C grubunda 1/5'i ve 9 °C grubunda ise 1/14'ü ölmüştür.

Bu çalışma sonuçlarına göre; ölüm oranı dikkate alındığında en iyi sonuç 9 °C grubunda elde edilmiştir. Maksimum alevin ağırlığına ulaşıldığında larvanın gelişim indeksi değerleri 16 °C grubunda 2,10, diğer gruplarda 1,99 olarak hesaplanmıştır. Bu dönemde hesaplanan K_D değerleri ve ilk besleme açısından önemli bilgiler oluşturmaktadır. Sonuçta alevinlerin bir an önce büyütülmeleri için su sıcaklığının artırılmasının ilk besleme süresini kısalttığı, ancak ölüm oranını aşırı arttırdığı belirlenmiştir. Besin kesesi tamamen tüketilinceye kadar geçen süre farklılık göstermiştir. Bu durumda her sıcaklık rejimi için ayrı sürelerin belirlenmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Başçınar, N., İ. Okumuş, İ., R. Serezli. 2003. The development of brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) embryos during yolk sac period, Turkish Journal of Zoology, 27: 227-230.
- Beacham, T.D., C.B. Murray. 1990. Temperature, egg size, and development of embryos and alevins of five species of Pacific salmon: A comparative analysis, Transactions of American Fisheries Society, 111: 927-945.
- Beer, W.N., J.J. Anderson. 1997. Modelling the growth of Salmonid embryos, Journal of Theoretical Biology, 189: 297-306.
- Dumas, S., J.M. Blanc, C. Audet, J. de la Noüe. 1995. Variation in yolk absorption and early growth of brook charr, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, and their hybrids, Aquaculture Research, 26: 759-764.
- Hansen, T. 1985. Artificial hatching substrate: Effect on yolk absorption, mortality and growth during first feeding of sea trout (*Salmo trutta*), Aquaculture, 46: 275-285.
- Hansen, T.J., D. Møller. 1985. Yolk absorption, yolk sac constrictions, mortality, and growth during first feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar*) incubated on Astro-Turf, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42: 1073-1078.
- Heming, T.A., R.K. Buddington, 1988. Yolk absorption in embryonic and larval fishes. In: Fish Physiology, Eds: W.S. Hoar, & D.J. Randall, Vol: IX, Academic Press, New York.
- Hodson, P.V., B.R. Blunt. 1986. The effect of time from hatch on the yolk conversion efficiency of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Journal of Fish Biology, 29: 37-46.
- Murray, C.B., T.D. Beacham. 1986. Effect of Varying Temperature Regimes on the Development of Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) Eggs and Alevins, Can. J. of Zoology, 64: 670-676.
- Ojanguren, A.F., F.G. Reyes-Gavilán, R.R. Muñoz. 1999. Effects of temperature on growth and efficiency of yolk utilisation in eggs and pre-feeding larval stages of Atlantic salmon, Aquaculture International, 7: 81-87.
- Ojanguren, A.F., F. Braña, 2003. Thermal dependence of embryonic growth and development in brown trout, Journal of Fish Biology, 62: 580-590.
- Peterson, R.H., D.J. Martin-Robichaud, D.J. 1995. Yolk utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) alevins in response to temperature and substrate, Aquacultural Engineering, 14: 85-99.
- Rombough, P.J. 1985. Initial Egg Weight, Time to Maximum Alevin Wet Weight, and Optimal Ponding Times for Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*), Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42: 287-291.
- Rombough, P.J. 1988. Growth, Aerobic Metabolism, and Dissolved Oxygen Requirements of Embryos and Alevins of Steelhead, *Salmo gairdneri*, Canadian Journal of Zoology, 66: 651-660.