

University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 7, No. 3, 2021, pages: 49-59



Investigation of growth performance and feeding efficiency of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in floating cages in the southern Caspian region

Seyyed Mohammad Vahid Farabi

Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iranian Fisheries Science Research Institute, Caspian Sea Ecology Research center, Aquaculture Department, Sari, Mazandaran, Iran

Received 04 May 2021

Revised 16 September 2021

Accepted 22 September 2021

KEYWORDS

Fish cage culture

Caspian Sea

Growth performance

Oncorhynchus mykiss

ABSTRACT

Information on the aquaculture of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in brackish water, especially in the Caspian Sea, is very limited. In this study, the growth performance and feeding efficiency of rainbow trout in an enclosed environment (5 floating cages) in an offshore farm (5 km distance from the beach) in the southern Caspian Sea region were investigated. This study was performed in Mehrangostar Caspian Sea farm in the Tuskatok area of Nowshahr City, Mazandaran Province, Iran. The fish were introduced to the cages with a density of 21 fish/m³ and also biomass of 3.33 kg/m³ and weight of 110 to 180 g. The duration of the rearing period and the average survival rate of fish were 123-158 days and 95.8 ± 0.5%, respectively. In addition, the feed conversion ratio and protein efficiency ratio were 0.94 ± 0.01 and 2.66 ± 0.01, respectively. In this brackish farm, the fish average daily growth rate and the average specific growth rate were 3.3 ± 0.9 g/day and 1.07 ± 0.01%/day. Moreover, the average weight of fish yield was 16 kg/m³. The results showed that the growth trend of rainbow trout in the brackish water of the Caspian Sea in floating cages was suitable. Therefore, the introduction of rainbow trout to floating cages in the southern Caspian Sea by different weights, density of 3.33 kg/m³ and also by managing the harvest of 15 kg/m³ in different times or in a whole single catch is quite possible.

*Corresponding author: smv_farabi@hotmail.com



"مقاله پژوهشی"

بررسی عملکرد رشد و کارایی تغذیه قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس‌های شناور منطقه جنوب دریای خزر

سید محمد وحید فارابی

بخش تکثیر و پرورش آبریان، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، مازندران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۴

کلمات کلیدی

چکیده

دامنه اطلاعات مربوط به آبی پروری قزل آلی رنگین کمان در آب لب‌شور دریای خزر بسیار محدود است. در این تحقیق عملکرد رشد و کارایی تغذیه قزل آلی رنگین کمان در محیط محصور (۵ قفس شناور) در یک مزرعه دریایی دور از ساحل (در فاصله ۵ کیلومتری از ساحل) در منطقه جنوب دریای خزر بررسی شد. این بررسی در مزرعه مهران گستر دریای کاسپین در منطقه توسکاتوک شهرستان نوشهر در استان مازندران انجام شد. ماهیان با تراکم ۲۱ عدد در متر مکعب و زی توده ۳/۳۳ کیلوگرم در متر مکعب و اوزان ۱۳۰ تا ۱۸۰ گرم به قفس‌ها معرفی شدند. مدت زمان دوره پرورش و میانگین نرخ زنده‌مانی ماهیان به ترتیب ۱۲۳-۱۵۸ روز و $0/5 \pm 0/95$ بود. همچنین، ضریب تبدیل غذایی $0/94 \pm 0/01$ و نسبت کارایی پروتئین خوراک ماهی $2/66 \pm 0/01$ تعیین شد. در این مزرعه دریایی میانگین رشد روزانه ماهی $3/3 \pm 0/9$ گرم و میانگین ضریب رشد ویژه ماهی $1/07 \pm 0/01$ در روز محاسبه شد. همچنین، میانگین وزنی برداشت محصول ماهی $16/15 \pm 0/55$ کیلوگرم در هر مترمکعب به دست آمد. نتایج نشان داد که روند رشد ماهی قزل آلی رنگین کمان در آب لب‌شور دریای خزر در قفس‌های شناور مناسب بود. بنابراین، معرفی ماهی قزل آلی رنگین کمان در اوزان و تراکم‌های متفاوت به میزان ۳/۳۳ کیلوگرم در متر مکعب به قفس‌های شناور و همچنین با مدیریت برداشت محصول به میزان ۱۵ کیلوگرم در متر مکعب به صورت مرحله‌ای یا صید واحد، در منطقه جنوب دریای خزر امکان پذیر است.

مقدمه

کشور ایران در منطقه خشک خاورمیانه قرار دارد و میزان بارندگی آن در مقایسه با متوسط بارندگی جهانی به کمتر از یک سوم و با توان بالقوه تبخیری بیش از آن است. این امر سبب محدودیت آب قابل دسترس در کشور شده است و طبق پیش‌بینی‌های انجام شده، کشور در سال‌های نه چندان دور با بحران آب شیرین مواجه خواهد شد (صادقی و آسایش، ۱۳۹۵). یکی از راه‌های همسو با کنترل تنش آب شیرین در کشور، استفاده از منابع آبی شور برای توسعه آبی‌پروری به منظور تأمین پروتئین سالم با توجه به رشد جمعیت انسانی است. در صنعت آبی‌پروری می‌توان با برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت بهینه از میزان مصرف آب شیرین در تولید ماهی و جایگزینی آن با آب شور بهره جست. کشور پهناور ایران با دارا بودن ۲۷۰۰ کیلومتر مرز آبی در دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان استعداد لازم برای توسعه آبی‌پروری دریایی و یا با استفاده از آب دریا را دارد (فارابی و همکاران، ۱۳۹۶).

ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) دارای دو نوع ماهی ساکن آب شیرین و ماهی دریارو است که به ترتیب *Rainbow* و *Steelhead* نامیده می‌شوند. نوع ماهی آب شیرین معمولاً از اندازه کوچکتری نسبت به نوع آب شور آن برخوردار است (Burgner et al. 1992). با توجه به بررسی‌های Sedgwick (۱۹۷۰) و Johnston و Cheverie (۱۹۸۵) ماهی قزل‌آلای ساکن آب شیرین در محیط مصبی و سواحل دریا از رشد بهتری نسبت به محیط آب شیرین برخوردار است. بنابراین ماهی قزل‌آلای ساکن آب شیرین (غیر مهاجر) می‌تواند برای پرورش در آب دریا به شوری محیط سازگار شود و این سازگاری وابسته به مکانیسم تنظیم یونی-اسمزی آبشش ماهی است. در چندین مطالعه نشان داده شد که سازگاری ماهی قزل‌آلای غیر مهاجر به آب دریا و محیط هیپراسموتیک به اندازه ماهی و شرایط انتقال (برای مثال، شوری محیط) بستگی دارد (Fuentes et al. 1996; Johnston and Cheverie, 1985). بنابراین، در ماهی غیر مهاجر قزل‌آلای رنگین کمان گروهی از مکانیسم تنظیمی سازگاری با آب دریا و ژن‌های درگیر در فیزیولوژی تنظیم اسمزی وجود دارد (Le Bras et al. 2011).

در کشور ایران ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به دلیل وجود زیرساخت‌های اولیه برای آبی‌پروری اعم از کارگاه‌های تکثیر و تولید بچه ماهی، مراکز پرورش تا مرحله پیش پروری و پروراری و کارخانه‌های تولید خوراک، تجهیزات و ملزومات آبی‌پروری و همچنین، توانایی ماهی در سازگاری با محیط لب‌شور و قفس دریایی و رسیدن به اندازه مناسب بازاری در یک دوره پرورش شش ماهه به عنوان یک گونه منتخب با بازدهی اقتصادی در آبی‌پروری از استقبال بیشتری در بین پرورش دهندگان ماهی در قفس در آب‌های داخلی (مخازن آبی پشت سد) و دریای خزر برخوردار است (فارابی، ۱۳۹۶). لذا این گونه به عنوان گونه گذر در توسعه آبی‌پروری دریایی در منطقه جنوب دریای خزر معرفی شد، هر چند که در ابتدا لازم بود که قبل از معرفی، ارزیابی اثرات زیست محیطی و مخاطرات بوم شناختی این گونه بررسی شود. یکی از دلایل مهم معرفی این گونه به صنعت آبی‌پروری دریایی در منطقه جنوب دریای خزر، نبود گونه بومی پرورشی قابل رقابت در عرصه اقتصادی است. البته هدف گذاری برنامه آینده نزدیک سازمان شیلات ایران برای توسعه آبی‌پروری در منطقه خزر جنوبی با استفاده از گونه بومی قزل‌آلای قهوه‌ای یا ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) است (فارابی، ۱۳۹۶).

تجربه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در قفس‌های شناور در منطقه جنوب دریای خزر بسیار محدود است، اما پرورش این ماهی در آب‌های شور و لب‌شور و همچنین، در آب‌های داخلی شور و لب‌شور کشور وجود دارد. مطالعات علیزاده (۱۳۸۸) در مروری بر دستاوردهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در آب‌های لب‌شور داخلی منطقه مرکزی ایران نشان داد که این ماهی به‌خوبی با شرایط آب لب شور زیرزمینی (با شوری ۱۴ گرم در لیتر) بدون هیچ تلفاتی، سازگار شده و رشد مطلوبی دارد که با مطالعات قانعی (۱۳۹۲) در آب لب شور ۱۳ گرم در لیتر زیر زمینی در استخرهای خاکی منطقه اسفراین استان خراسان شمالی مطابقت دارد. جعفریان (۱۳۸۸) در مدت ۴۰ روز و مقایسه عملکرد رشد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزنی $3/37 \pm 29/1$ گرم در آب لب شور ۲/۹۵ گرم در لیتر را نسبت به آب شیرین مناسب‌تر ارزیابی کرد، به‌طوری که در این مدت وزن ماهیان

مواد و روش‌ها

این بررسی، روی آبی پروری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در اوزان و زمان‌های مختلف (جدول ۱) در مزرعه دریایی مهران- گستر دریای کاسپین واقع در منطقه توسکاتوک نوشهر در جنوب دریای خزر (E ۵۷'۵۸"، ۵۱° و N ۳۱'۳"، ۳۸'، ۳۶°) در ۵ قفس شناور در فاصله ۵/۴ کیلومتری دور از ساحل و مستقر در عمق ۳۰ متری انجام شد. قفس‌های این مزرعه از نوع پلی‌اتیلن شناور با قطر ۱۶ متر و ارتفاع تور ۱+۷ متر بود. دمای آب در اولین زمان معرفی به قفس (۲۷ ماه آذر) ۱۶ درجه سانتی‌گراد بود. ماهیان پیش‌پروری از مزارع سردابی استان مازندران تأمین شد. به دلیل تأخیر در تأمین ماهی، زمان معرفی ماهی به قفس‌ها متفاوت بود. به همین دلیل، دوره پرورش ماهیان در قفس‌های شناور در این مزرعه از ۱۰۳ روز تا ۱۵۸ روز متغیر بود.

در آب لب‌شور به $5/3 \pm 82/69$ گرم و در آب شیرین به $7/5 \pm 69/2$ گرم رسید. همچنین، قانعی تهرانی (۱۳۹۶) نشان داد که قزل‌آلای رنگین‌کمان در اوزان بیش از ۲۰ گرم، کاملاً توانایی سازگاری با آب لب‌شور دریای خزر را داراست. نتایج اولیه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان 28 ± 110 گرمی در آب لب‌شور دریای خزر و محیط محصور در تعداد ۵ قفس شناور نشان داد که این ماهی از توانایی مناسبی برای رشد در دریای خزر برخوردار است، به طوری که در مدت ۱۶۵ روز دوره پرورش در ماه‌های آذر تا اردیبهشت به وزن متوسط 168 ± 120 گرم رسیده است (Farabi et al. 2020).

در ادامه مطالعات پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دریای خزر، هدف از این بررسی روند رشد و کارایی تغذیه در اوزان مختلف و بیش از محدوده وزنی مطالعات قبل (28 ± 110 گرمی) بوده است.

جدول ۱ تعداد، متوسط وزن و تاریخ معرفی قزل‌آلای رنگین‌کمان به قفس‌های شناور در دو مزرعه دریایی در منطقه جنوب دریای خزر (۱۳۹۶-۱۳۹۷).

شماره قفس	تاریخ معرفی	وزن متوسط اولیه (گرم)	طول متوسط اولیه (سانتی‌متر)	تعداد (عدد)
یک	۱۳۹۶/۱۰/۲۹	180 ± 55	$24 \pm 2/6$	۳۰۰۰۰
دو	۱۳۹۶/۹/۲۷	147 ± 47	$21/8 \pm 2/1$	۳۰۰۰۰
سه	۱۳۹۶/۱۰/۱۹	160 ± 44	$22/5 \pm 2/4$	۳۰۰۰۰
چهار	۱۳۹۶/۱۰/۳	130 ± 45	$21/5 \pm 1/9$	۳۰۰۰۰
پنج	۱۳۹۶/۱۱/۳	160 ± 52	$22/5 \pm 2/1$	۳۰۰۰۰

خوراک و تغذیه ماهی: برای تغذیه ماهیان از خوراک پرواری اکسترودر شناور شرکت فرادانه (پروتئین خام ۴۰٪، چربی خام ۱۵٪، فیبر خام ۳٪، خاکستر ۹٪ و رطوبت ۸٪) با اندازه‌های ۶/۵-۷ میلی‌متر استفاده شد.

سنجش کیفی بچه ماهیان: در این بررسی از رابطه ضریب تغییرات (CV) وزنی و انحراف نسبی استاندارد (RSD) برای تعیین کیفیت رقم‌بندی ماهیان در هر ذخیره سازی در قفس استفاده شد.

$$RSD = CV \times 100; CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (\text{Cardia and Lovatelli, 2015})$$

زیست‌سنجی ماهی: ماهیان در زمان معرفی به قفس و تا هفته اول ماه خرداد ۱۳۹۷، در ۴-۵ مرحله پایش زیست-سنجی شدند. برای این امر، نمونه ماهی با استفاده از ساچوک از قفس‌ها صید و با قایق حمل شدند. سپس، ماهی زنده به ساحل منتقل شد و در شرایط بی‌حسی با پودر گل‌میخک، درازای چنگالی و وزن کل آن‌ها به تفکیک هر قفس تعیین، و سپس ماهیان به قفس‌ها بازگردانده شدند.

تعیین کارایی رشد، خوراک و تغذیه ماهی: افزایش وزن بدن (WG)؛ ضریب چاقی (CF)؛ شاخص رشد ویژه (SGR)؛ درصد میانگین رشد روزانه ماهی (ADG)؛ ضریب تبدیل غذایی (FCR)؛ پروتئین مصرفی (PI)؛ نسبت کارایی پروتئین (PER) به شرح رابطه‌های زیر به دست آمد.

$$WG = W_f - W_i \quad (\text{Tacon, 1990})$$

$$CF = (W_f / L^3) \times 100 \quad (\text{Austreng, 1978})$$

$$SGR \%/\text{day} = [100 \times ((\ln W_f - \ln W_i) / t)] \quad (\text{Hevroy et al. 2005})$$

$$ADG = (W_{t_2} - W_{t_1}) / (t_2 - t_1) \quad (\text{De Silva and Anderson, 1995})$$

$$FCR = FI / WG \quad (\text{De Silva and Anderson, 1995, Abdel-Tawwab et al. 2008})$$

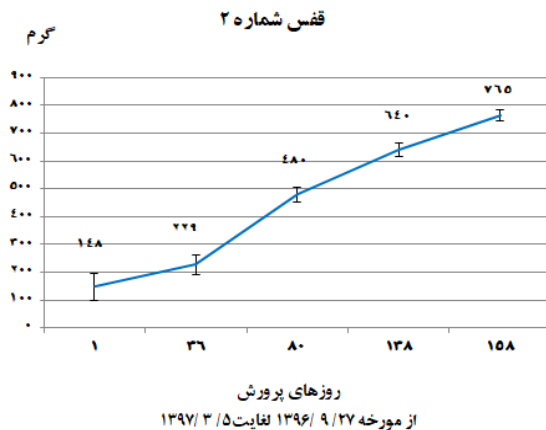
$$PI = FI \times \% Pr \quad (\text{Helland et al. 1996})$$

$$PER = WG / PI \quad (\text{Helland et al. 1996, Abdel-Tawwab et al. 2008})$$

و برای مقایسه میانگین فراسنجه‌های فوق از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد.

نتایج

روند افزایش وزن و تغییرات انحراف نسبی استاندارد وزنی: این روند از زمان معرفی ماهی تا زمان برداشت از هر قفس متفاوت بود. لذا به تفکیک زمان معرفی و تعداد روزهای پرورش به شرح شکل‌های ۱ و ۲ آمده است.

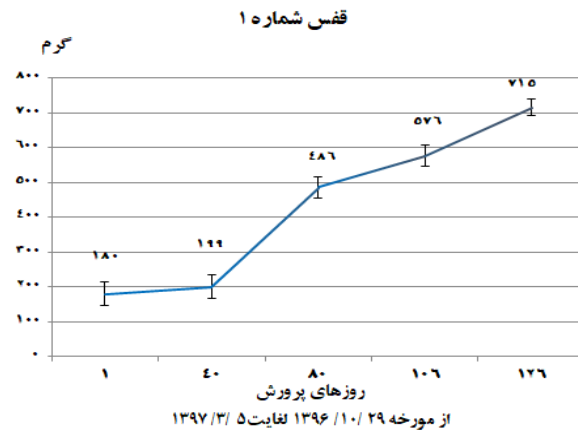


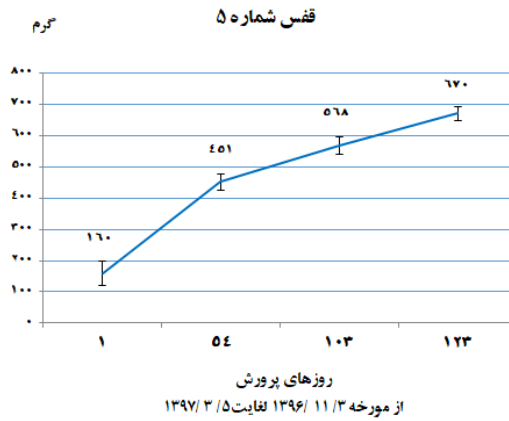
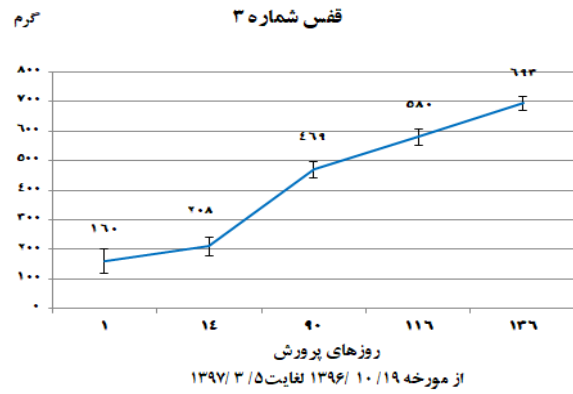
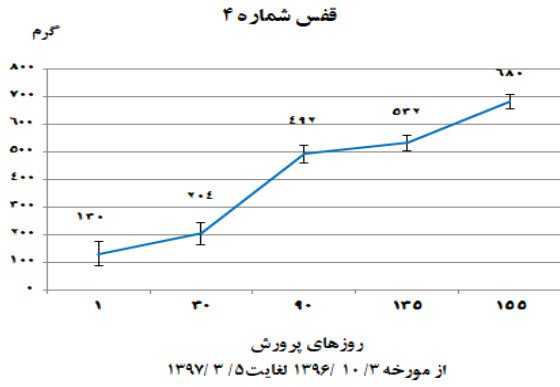
σ: انحراف استاندارد، μ: میانگین وزنی؛ RSD: مقادیر کم (۳٪ تا ۱۰٪) نشان دهنده مجموعه‌های همگن و مقادیر زیاد آن (بیش از ۲۰٪) نشانگر تنوع در اندازه ماهیان است.

W_i: وزن اولیه (گرم)، W_f: وزن نهایی (گرم)، WG: افزایش وزن (گرم)، L: درازای چنگالی (سانتی‌متر)، t: تعداد روزهای پرورش، t₁-t₂: تعداد روزهای پرورش بین t₁ و t₂؛ متوسط وزن ماهی به گرم از روز t₁ تا t₂؛ خوراک داده شده (گرم)، Pr: پروتئین جیره (گرم)

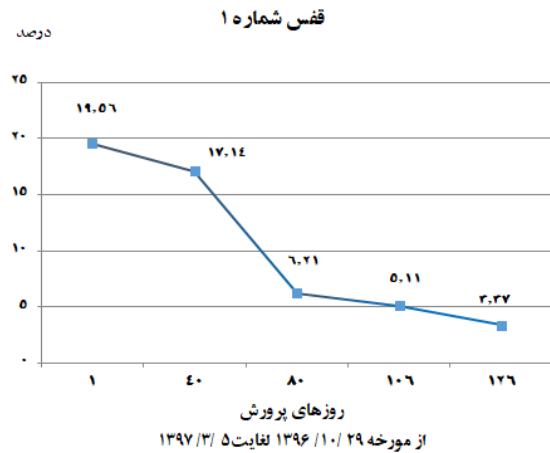
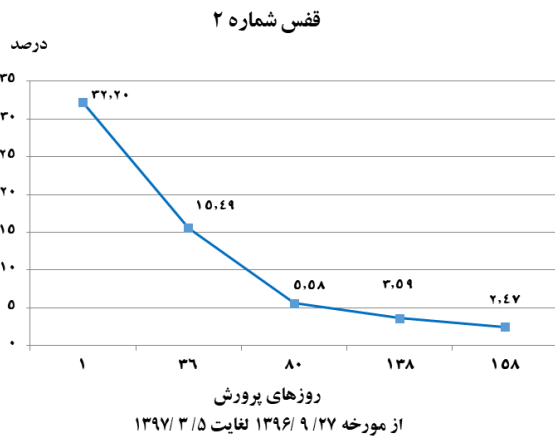
تجزیه و تحلیل آماری

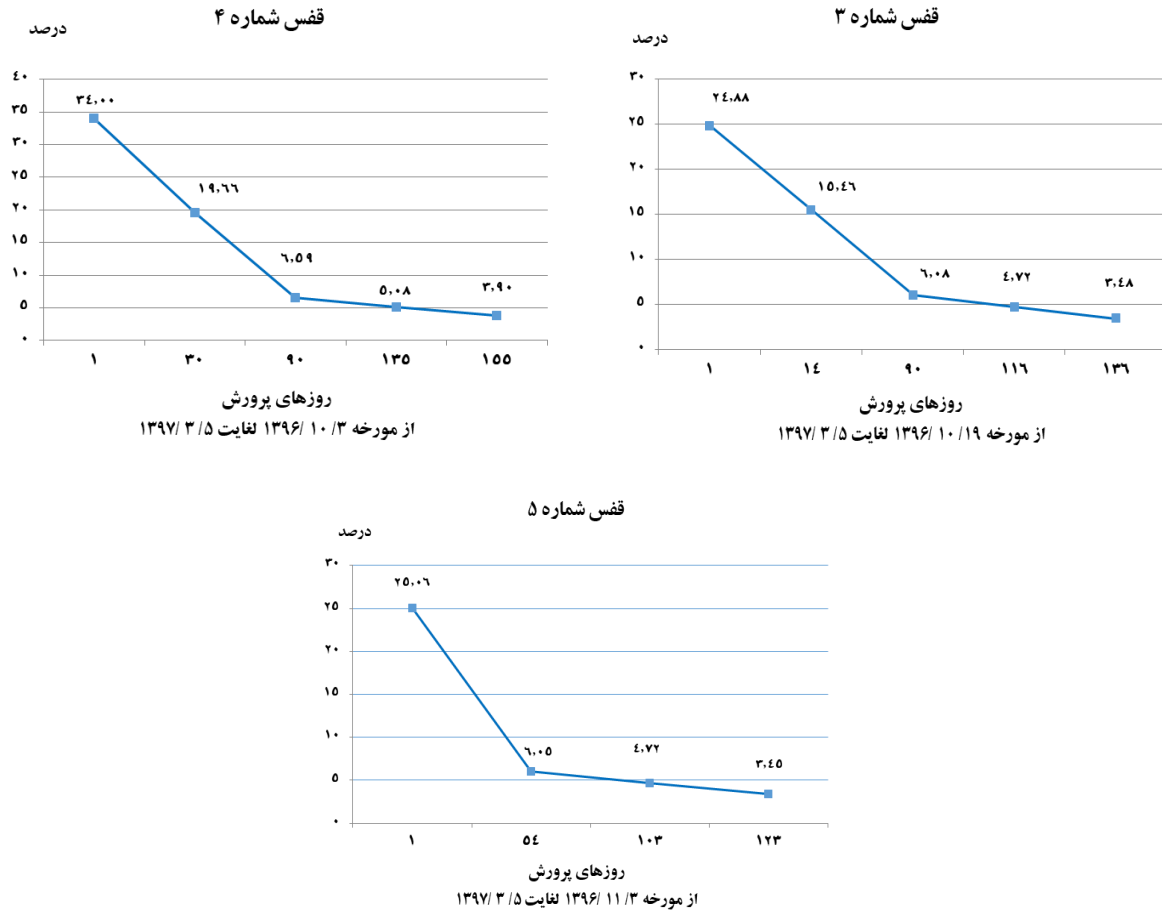
برای تعیین شاخص پراکندگی داده‌ها در میانگین از انحراف معیار استفاده شد. برای بررسی آماری فراسنجه‌های رشد و بازدهی خوراک از آزمون F با روش آنالیز واریانس یک طرفه





شکل ۱ روند افزایش وزن در پرورش قزل آرای رنگین کمان در قفس شناور مزرعه دریایی مهران گستر دریای کاسپین.





شکل ۲ تغییرات انحراف نسبی استاندارد وزنی (RSD) قزل آلاهی رنگین کمان در قفس شناور مزرعه دریایی مهران گستر دریای کاسپین.

این مزرعه درصد بازماندگی ماهیان با احتساب ماهیان صید شده پس از تاریخ ۱۳۹۷/۲/۱۶ تا مورخ ۱۳۹۷/۳/۵ تعیین شد. کارایی رشد و بازدهی خوراک ماهی در دوره پرورش به ترتیب به شرح جداول ۲ و ۳ تعیین شد.

کارایی رشد و بازدهی خوراک ماهی: فراسنجه افزایش وزن و محاسبه شاخص‌های رشد ماهی تا مورخ ۱۳۹۷/۲/۱۶ تعیین شد، زیرا بعد از این مرحله و تا قبل از مورخ ۱۳۹۷/۳/۵ بیش از ۷۰٪ ماهیان موجود در این مزرعه دریایی صید شدند. در

جدول ۲ شاخص‌های رشد (میانگین \pm خطای استاندارد) قزل آلاهی رنگین کمان در دوره پرورش در قفس شناور در مزرعه دریایی مهران گستر دریای کاسپین در منطقه جنوبی دریای خزر ۱۳۹۶-۱۳۹۷

شماره قفس	دوره پرورش (روز)	ADG (g/day)	SGR (%/day)	CF ₂	CF ₁	WG (g)	SR (%)
۱	۱۰۶	۳/۷۳ \pm ۰/۱۷ ^a	۱/۰۷ \pm ۰/۰۳ ^{bc}	۱/۳۳ \pm ۰/۰۲ ^c	۱/۳	۳۹۵/۸۳ \pm ۱۷/۹۶ ^b	۹۶
۲	۱۳۸	۳/۵۷ \pm ۰/۱۵ ^a	۱/۰۴ \pm ۰/۰۳ ^{bc}	۱/۴۵ \pm ۰/۰۳ ^a	۱/۴۲	۴۹۳/۱۹ \pm ۲۰/۳۶ ^a	۹۷
۳	۱۱۶	۳/۶۲ \pm ۰/۱۲ ^a	۱/۱ \pm ۰/۰۲ ^b	۱/۴۳ \pm ۰/۰۴ ^{ab}	۱/۴	۴۲۰ \pm ۱۴/۲۶ ^b	۹۴
۴	۱۳۵	۲/۹۸ \pm ۰/۲ ^b	۱ \pm ۰/۰۴ ^c	۱/۴۴ \pm ۰/۰۳ ^{ab}	۱/۳۱	۴۰۲/۲۹ \pm ۲۷/۵۳ ^b	۹۶/۵

۹۵/۷۰ ۴۰۷/۵۱ ± ۲۴/۷۷^b ۱/۴ ۱/۳۶ ± ۰/۰۳^{bc} ۱/۱۹ ± ۰/۰۴^a ۳/۹۶ ± ۰/۲۴^a ۱۰۳ ۵

* ADG: رشد روزانه هر ماهی، SGR: شاخص رشد ویژه، CF₂: ضریب چاقی نهایی، CF₁: ضریب چاقی اولیه، WG: افزایش وزن هر ماهی، SR: درصد بازماندگی. حروف لاتین بالا نویسی غیرهمسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تحت آزمون دانکن در سطح ۵ درصد است.

جدول ۳ شاخص‌های سنجش کیفی خوراک قزل‌آلای رنگین‌کمان در دوره پرورش در قفس شناور در دو مزرعه دریایی در منطقه جنوبی دریای خزر ۱۳۹۶-۱۳۹۷.

شماره قفس	دوره پرورش (روز)	Wf	FCR	FI	PI	PER
۱	۱۰۶	۷۱۵ ± ۲۴/۱	۰/۹۳	۳۶۸/۱۲ ± ۱۱۵/۷۰ ^b	۱۴۷/۲۵ ± ۶/۶۸ ^b	۲/۶۹ ^a
۲	۱۳۸	۷۶۵ ± ۱۸/۹	۰/۹۴	۴۶۳/۶۰ ± ۱۳۹/۳۳ ^a	۱۸۵/۴۴ ± ۷/۶۵ ^a	۲/۶۶ ^b
۳	۱۱۶	۶۹۳ ± ۲۴/۱	۰/۹۳	۳۹۰/۶۰ ± ۹۵/۶۱ ^b	۱۵۶/۲۴ ± ۵/۳۰ ^b	۲/۶۹ ^a
۴	۱۳۵	۶۸۰ ± ۲۶/۵	۰/۹۵	۳۸۲/۱۸ ± ۱۸۱/۲۱ ^b	۱۵۲/۸۷ ± ۱۰/۴۶ ^b	۲/۶۳ ^b
۵	۱۰۳	۶۷۰ ± ۲۳/۱	۰/۹۵	۳۸۷/۱۳ ± ۱۵۴/۳۲ ^b	۱۵۴/۸۵ ± ۹/۴۱ ^b	۲/۶۳ ^d

* Wf: وزن نهایی (۱۳۹۷/۲/۱۶)، FCR: ضریب تبدیل غذایی، FI: غذای مصرفی هر ماهی، PI: پروتئین مصرفی، PER: بازده پروتئین خوراک. حروف لاتین بالا نویسی غیرهمسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تحت آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

بحث

پرورش ماهی در قفس دریایی در منطقه جنوب دریای خزر از قدمت زیادی (بیش از یک دهه) برخوردار نیست. مزارع فعال در این عرصه، از نوع کوچک-مقیاس و به صورت پراکنده در سواحل استان گیلان و به خصوص استان مازندران در اعماق بیش از ۳۰ متر و در فاصله بیش از ۵ کیلومتر از ساحل مستقر هستند (فارابی و همکاران، ۱۳۹۸). زمان تحقیق مصادف با هشتمین سال شروع فعالیت آبی‌پروری دریایی در قفس در منطقه جنوب دریای خزر و سومین دوره پرورش ماهی در مزرعه مهران‌گستر دریای کاسپین بود. یکی از مشکلات اصلی در پرورش ماهی در قفس در این منطقه عدم توانایی مالی سرمایه‌گذار و مدیران مزرعه است و تسهیلات دولتی نیز تکاپوی لازم برای اجرای بهینه این فعالیت تجاری را ندارد. لذا به‌رغم هماهنگی لازم با مدیریت مزرعه، تأمین به‌موقع ماهی برای ذخیره‌سازی در قفس مهیا نشد. لذا تاریخ-های ذخیره‌سازی ماهی با اوزان مختلف انجام شد.

در این بررسی، میانگین تراکم ذخیره‌سازی اولیه در قفس‌ها ۲۱/۴ قطعه بود که نسبت به دوره‌های قبل در همین مزرعه (۱۰/۷۱ قطعه) افزایش حدود دو برابری داشته است، اما میزان زی‌توده ماهی در ذخیره‌سازی اولیه به دلیل استفاده از ماهیان با اندازه بزرگتر به نسبت ۱ به ۳/۳۳ کیلوگرم در متر مکعب

افزایش داشت. میانگین زی‌توده برداشت محصول در تحقیق حاضر ۱۶/۱۵ کیلوگرم در متر مکعب و افزایش بهره‌وری آن نسبت به دوره‌های قبل پرورش در همین مزرعه ۸۸٪ تعیین شد. این نتایج نشان می‌دهد که امکان افزایش تولید در قفس-ها با توجه به شرایط آبی منطقه برای ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان وجود داشته است. البته ظرفیت اسمی پرورش ماهی در قفس‌های شناور پلی اتیلن مورد استفاده در این بررسی با قطر ۱۶ متر در مخازن آبی و پشت سدها برابر ۳۰ تن و یا ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم در متر مکعب است (Bugrov, 2006) که به دلیل شرایط خاص دریای خزر و کاهش خطر پذیری در تولید تا ۱۶/۱۵ کیلوگرم در متر مکعب به‌دست آمد و به نظر نتیجه مطلوبی است. اطلاعات بسیار محدودی در مورد عملکرد رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس شناور در منطقه جنوبی دریای خزر وجود دارد. با وجود این، عملکرد رشد این ماهی در مزارع دریایی دیگر کشورها و همچنین مزارع داخل کشور (کوهستانی و دشت) با استفاده از آب شیرین و لب شور بررسی شد (Guner et al. 2006; Davidson et al. 2014; Zargar et al. 2019).

رشد ماهی یک عامل ثابت نیست و ممکن است تحت تأثیر چندین عامل محیطی مانند فیزیکی، شیمیایی، بیوشیمیایی یا ترکیبی از آن‌ها قرار گیرد (Viadero, 2005; Bajaj, 2005).

پرورش و امکان کاهش رشد در شوری بالا برای خلیج کتوتور نسبت داد، زیرا ماهی قزل‌آلائی رنگین‌کمان در شوری‌های بیش از ۲۰ گرم در لیتر از رشد مناسبی برخوردار نیست (McKee and Wolf, 1963). در تأیید این بررسی، مطالعات Johnson و Clarke (۱۹۸۸) نشان داد که بچه‌ماهی قزل‌آلائی رنگین‌کمان با وزن ۹۵ گرم در شوری ۱۴-۱۹ گرم در هزار از کارایی رشد مناسبی برخوردار است، ولی در شوری ۲۴ گرم در هزار، نرخ رشد آن‌ها کاهش می‌یابد.

در مطالعه مشابه دیگری در دریای سیاه، کارایی رشد و تغذیه قزل‌آلائی رنگین‌کمان با این مطالعه (قفس شماره ۴) مقایسه شد (Akbulut et al. 2002). نتایج نشان داد که در دریای سیاه ماهی قزل‌آلائی رنگین‌کمان ۱۱۸ گرمی در یک دوره ۲۰۲ روزه با زیتوده معرفی ۲/۱ کیلوگرم در متر مکعب دارای ضریب رشد ویژه ۰/۱۰۲٪ در روز و ضریب تبدیل غذایی ۱/۶۵ با بازماندگی ۸۹/۲٪ بود و میزان برداشت محصول آن به ۱۲/۱ کیلوگرم در متر مکعب بود که در مقایسه، ماهیان پرورش یافته در شرایط مشابه دوره پرورش و وزن معرفی به قفس با زی‌توده بالاتر وضعیت مطلوب‌تری برخوردار بودند. اگر به فرض مدیریت پرورش در هر دو منطقه در حد مطلوب بوده باشد، می‌توان این مزیت را به شرایط مطلوب دمای آب در طول دوره پرورش ماهی قزل‌آلائی رنگین‌کمان در عرض-جغرافیایی پایین‌تر (دریای خزر) نسبت به دریای سیاه نسبت داد، به طوری که در مدت زمان کمتر، به وزن بالاتری رسید. هر چند در ابتدای پرورش در همه گروه‌های ماهیان بجز ماهیان معرفی شده به قفس شماره ۱ (۱۸۰ گرم) مقادیر انحراف نسبی استاندارد وزنی (RSD) قبل از معرفی به قفس‌ها بیش از ۲۵٪، و بالاترین مقادیر آن مربوط به قفس شماره ۴ و گروه وزنی ۱۳۰ گرم بود. نتایج نشان داد که این گروه از کمترین کارایی رشد برخوردار بودند. در صورتی که مقادیر مناسب برای RSD کمتر از ۲۰٪ و حتی در محدوده ۳ تا ۱۰٪، نشان دهنده گله ماهی همگن برای معرفی به قفس است و شرایط رشد ماهیان بهتر خواهد بود (Cardia and Lovatelli, 2015). البته مشاهده می‌شود که در دوره پرورش پس از یکماه با مدیریت تغذیه صحیح، این مقادیر به کمتر از ۲۰٪ کاهش داشته است و در ادامه پرورش و ماه‌های

2017). دمای آب و طول مدت دمای مناسب آب در دوره پرورش یکی از مهم‌ترین فاکتورهای فیزیکی مؤثر بر رشد و تولید ماهی است. به عنوان مثال: محدوده دمای زنده‌مانی برای ماهی قزل‌آلائی رنگین‌کمان از ۱ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد است. با وجود این، محدوده دمای "بهینه" برای رشد این ماهی ۱۳ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد است (Viadero, 2005). طبق مطالعات فارابی و همکاران (۱۳۹۸) دمای آب در منطقه جنوب دریای خزر در آغاز دوره پرورش ماهی در اواسط ماه آذر، ۱۹ درجه سانتی‌گراد و در ماه بهمن به ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته و سپس تا ماه خرداد به ۲۱ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. بنابراین، محدوده دمای "بهینه" برای رشد قزل‌آلائی رنگین‌کمان در جنوب دریای خزر در محدوده زمانی نیمه دوم فصل پاییز، کل زمستان و نیمه اول فصل بهار وجود دارد. همچنین، علاوه بر تأثیر عوامل محیطی بر رشد ماهی، عوامل دیگری مانند گونه و نژاد، کمیت و کیفیت خوراک، اندازه و وزن اولیه ماهی بر عملکرد رشد ماهی تأثیر-گذار هستند. رشد ماهی و شاخص‌های وابسته به آن در دوره‌های مختلف سنی متفاوت است و با افزایش سن کاهش می‌یابد. این شاخص‌ها در گروه‌های وزنی ۱۳۰ تا ۷۶۵ گرمی طبق جداول ۲ و ۳ این بررسی در مقایسه با ماهیان کمتر از ۱۰ گرم از مقادیر کمتری برخوردار هستند. برای مثال، در مطالعات ستوده و همکاران (۱۳۹۷) در گروه وزنی قزل‌آلائی رنگین‌کمان در اوزان کمتر از ۱۰ گرم از ضریب چاقی (۴/۴۵-۲/۹۵) و نرخ رشد ویژه (۴/۱۳-۳/۶۱٪/روز) بالاتری برخوردار است، اما تفاوت قابل ملاحظه‌ای در شاخص کارایی پروتئین (۲/۳-۶۵/۸۶) با تحقیق حاضر ندارند. در پرورش ماهی قزل‌آلائی رنگین‌کمان در آب شور (۲۹-۲۳ گرم در هزار) دریای آدریاتیک در قفس‌های شناور در خلیج کتوتور واقع در کشور صربستان نشان داد که طی مدت ۸۴ روز دوره پرورش این ماهی از وزن ۸۵ گرم به ۳۵۰ گرم رسید و دارای ضریب تبدیل غذایی کمتر از یک واحد بود (Kljajić et al. 2002). در این بررسی، برای مقایسه نسبی، اگر ماهیان قفس شماره ۴ با وزن ۱۳۰ گرمی در زمان معرفی در نظر گرفته شود، مشاهده می‌شود که در مدت زمان ۹۰ روز به وزن ۴۹۲ گرم با ضریب تبدیل غذایی ۰/۹۳ رسید. البته می‌توان دلیل افزایش وزن ماهی در این بررسی را میزان شوری آب محیط

فارابی، س.م.و. ۱۳۹۶. بررسی و امکان سنجی ماهیان بومی و غیر بومی برای پرورش ماهی در قفس در منطقه جنوبی دریای خزر. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۹۰ ص.

فارابی، س.م.و.، افرازی بندپی، م.ع.، نصرالله‌زاده ساروی، ح.، بهمنش، ش.، محسنی، م.، آذری، ع.، دریانبرد، غ.ر.، نجف پور، ش.، عابدیان، آ. ۱۳۹۶. مطالعه جامع اکوسیستم منطقه جنوبی دریای خزر با هدف استقرار قفس و توسعه آبرزی پروری دریایی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۱۳۶ ص.

فارابی، س.م.و.، فضلی، ح.، نصراله‌زاده ساروی، ح.، پورنگ، ن.، افرازی بندپی، م.ع.، متین فر، ع.، پرافکنده حقیقی، ف.، قانع‌ی تهرانی، م.، گنجیان خناری، ع.، گل آقایی درزی، م.، روحی، ا.ق.، اسلامی، ف.، غرا، ک.، شریفیان، م.، واحدی، ف.، روشن طبری، م.، رضوانی، غ.ر.، صالحی، ع.ا.، یعقوب‌زاده، ز.، علوی، ا.، رودباریان، م.، رازقیان، غ.ر.، جعفری. ۱۳۹۸. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پرورش ماهی در قفس شناور در منطقه جنوبی دریای خزر (استان مازندران). موسسه تحقیقات علوم شیلات کشور، ۱۴۵ ص.

قانع‌ی تهرانی، م. ۱۳۹۲. امکان سنجی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با آب لب شور در استخرهای خاکی در استان خراسان شمالی. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۴۵ ص.

قانع‌ی تهرانی، م. ۱۳۹۶. بررسی قابلیت سازگاری (یونی-اسمزی) ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انگشت قد با آب دریای خزر. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۵۴ ص.

علیزاده، م. ۱۳۸۸. مروری بر دستاوردهای تحقیقاتی پرورش قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در آب‌های لب‌شور داخلی ناحیه مرکزی ایران. محیط زیست جانوری ۱: ۷۰-۵۷.

Akbulut, B., Sahin, T., Aksungur, N., Aksungur, M. 2002. Effect of initial size on growth rate of rainbow trout. *Oncorhynchus mykiss*, reared in cages on the Turkish Black Sea Coast. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 2: 133-136.

پایانی به کمتر از ۱۰٪ نیز رسیده است. بنابراین، نتایج این بررسی نشان می‌دهد که شرایط پرورش و به‌خصوص تراکم پرورش نیز مناسب بوده است. یکی از دستاوردهای مهم این بررسی مبنی بر میزان ماندگاری محصول در قفس بر پایه ۱۵ کیلوگرم در متر مکعب است که می‌توان معرفی ماهی به قفس و صید مرحله ای را بر این اساس با کمترین تنش نامطلوب در تولید محصول برنامه‌ریزی نمود.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای مهران نظری مدیریت محترم مزرعه دریایی مهران‌گستر دریای کاسپین برای همکاری خالصانه در این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را دارم. از اداره کل شیلات مازندران برای ایجاد بستر شرایط تحقیق قدردانی می‌گردد. همچنین از همکاران پژوهشکده اکولوژی دریای خزر و ایستگاه تحقیقاتی خیرود برای همکاری در انجام تحقیق قدردانی می‌نمایم.

منابع

جعفریان، ح. ۱۳۸۸. مقایسه آب لب شور و شیرین بر عملکرد رشد و تغذیه در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان جوان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۶: ۹۸-۸۹.

ستوده، ا.، مردانی، ف.، جعفری، م.، حبیبی، ح.، مرادیان، س.ح. ۱۳۹۷. شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه و بازماندگی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره‌های سرخارگل (*Echinacea angustifolia*) و مرزنجوش (*Origanum majorana*). تغذیه آبزیان ۱: ۱۰-۱.

صادقی، ح.، آسایش، ح. ۱۳۹۵. تشکیل بازار آب از دیدگاه اقتصاد اسلامی. اقتصاد و بانکداری اسلامی ۱۵: ۹۲-۷۱.

Bajaj, S. 2017. Effect of environmental factors on fish growth. Indian Journal of Scientific Research 12: 087-091.

Bugrov, L.Y.U. 2006. The «sadco» underwater fish-farming system. Underwater Technology & Ocean World 1: 36-45.

- Burgner, R.L., Light, J.T., Margolis, L., Okazaki, T., Tautz, A., Ito, S. 1992. Distribution and origins of steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) in offshore waters of the North Pacific Ocean. International North Pacific Fisheries Commission 51: 73 p.
- Cardia, F., Lovatelli, A. 2015. Aquaculture operations in floating HDPE cages. FAO, Fisheries and Aquaculture Technical Paper 593: 176 p.
- Davidson, J.W., Kenney, P.B., Manor, M., Good, C.M., Weber, G.M., Aussanasuwannakul, A., Turk, P.J., Welsh, C., Summerfelt, S.T. 2014. Growth performance, fillet quality, and reproductive maturity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured to 5 kilograms within freshwater recirculating systems. Aquaculture Research and Development 5: 1000238.
- Farabi, S.M.V., Rowshan Tabari, M., Hafezieh, M., Safari, R. 2020. Investigation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) culture in marine floating cages in the Southern Caspian Sea. Aquaculture & Marine Biology 9: 203-206.
- Fuentes, J., Soengas, J.L., Buceta, M., Otero, J., Rey, P., Rebolledo, E. 1996. Kidney ATPase response in seawater-transferred rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Effect of salinity and fish size. Revista Española de Fisiología 52: 231-238.
- Guner, Y., Ozden, O., Gullu, K. 2006. Adaptation to sea water and growth performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Biological Sciences 6: 22-27.
- Johnsson, J., Clarke, W.C. 1988. Development of seawater adaptation in juvenile steelhead trout (*Salmo gairdneri*) and domesticated rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Effects of size, temperature and photoperiod. Aquaculture 71: 247-263.
- Johnston, C.E., Cheverie, J.C. 1985. Comparative analysis of ionoregulation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) of different sizes following rapid and slow salinity adaptation. Canadian Fisheries and Aquatic Science 42: 1994-2003.
- Le Bras, Y., Dechamp, N., Krieg, F., Filangi, O., Guyomard, R., Boussaha, M., Bovenhuis, H., Pottinger, T.G., Prunet, P., Le Roy, P., Quillet, E. 2011. Detection of QTL with effects on osmoregulation capacities in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). BioMed Central Genetics 12: 46 p.
- McKee, J.E., Wolf, H.H. 1963. Water Quality Criteria, 2nd Edition, Resources Control Board, 3A. 583 p.
- Sedgwick, S.D. 1970. Rainbow trout farming in Scotland. Farming trout in salt water. Scottish Agriculture 49: 180-185.
- Viadero, R.C. 2005. Factors affecting fish growth and production. Book of Water Encyclopedia by John Wiley & Sons, Inc. chapter 3: Surface Water Hydrology 137 p.
- Zargar, A., Rahimi-Afzal, Z., Soltani, E., Taheri Mirghaed, A., Ebrahimzadeh-Mousavi, H.A., Soltani, M., Yuosefi, P. 2019. Growth performance, immune response and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed *Thymus vulgaris* essential oils. Aquaculture Research 50: 3097-3106.