University of Hormozgan

Journal of Aquatic Ecology

ISSN Print: 2322-2751 ISSN Online: 2980-9355

Homepage: https://jae.hormozgan.ac.ir

Effect of Different Levels of PUFA and Vitamin E on Growth and Feeding Performances of Male Broodstock Sobity (*Sparidentex hasta*)

Zahra Falamarzi[1], Mohammad Zakeri✉[1], and Seyed Mohammad Mousavi[1]

1. Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 21 August 2025
Accepted: 24 September 2025
Published: 15 February 2026

✉ **Corresponding Author:**
Zakeri.mhd@gmail.com

Keywords:
Fatty acids,
Hermaphrodite,
Male Sobity broodstock,
PUFA,
Vitamin E.

ABSTRACT

During the spawning season, seabream often exhibit reduced or arrested somatic growth, a phenomenon that is particularly relevant in protandrous hermaphroditic species that undergo male-to-female sex reversal as body size increases. Under these conditions, maintaining growth and physiological condition is critical for broodstock performance. The present study aimed to evaluate the interactive effects of dietary lipid source and vitamin E supplementation on growth and nutritional performance of male seabream broodstock during the spawning season. A total of 180 male seabream (initial mean weight: 338.61 ± 1.94 g) were randomly distributed among 18 concrete tanks (4-ton capacity) and assigned to six dietary treatments in a 3 × 2 factorial design. Experimental diets contained three levels of fish oil replacement with soybean oil (0, 50, and 100%) and two levels of vitamin E supplementation (0 and 2.5 g kg^{-1} diet) and were fed for 8 weeks. The results showed that diets enriched with long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFAs), particularly n-3 fatty acids, in combination with vitamin E significantly enhanced growth performance indicators, including weight gain, specific growth rate, condition factor, feed conversion ratio, lipid efficiency ratio, and total feed intake ($p < 0.05$). Visceral indices such as the gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) were also significantly higher in these treatments, reflecting improved gonadal development and hepatic metabolic status. In contrast, no significant differences were observed in visceral fat index or relative gut length, indicating that dietary lipids and vitamin E were preferentially allocated to somatic growth and reproductive processes rather than visceral fat deposition or intestinal growth. Overall, the findings demonstrate that dietary formulations rich in LC-PUFAs—especially DHA and EPA—combined with vitamin E supplementation markedly improve growth efficiency, feed utilization, and reproductive-related visceral indices in male seabream broodstock during the spawning season. These results highlight the importance of targeted lipid and antioxidant nutrition in broodstock diet formulation to optimize growth and physiological performance.

CC BY NC

Publisher: University of Hormozgan

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The seabream (*Sparidentex hasta*) is a protandrous hermaphroditic species, in which individuals first mature as males and later undergo sex change to become females. During the reproductive period, somatic growth of broodstock typically declines as energy and nutrients are preferentially allocated to gonadal development. In protandrous species, however, maintaining somatic growth is crucial to reach the size threshold necessary for sex change. Optimizing dietary composition, particularly in terms of lipids and antioxidants, may help sustain growth while supporting reproductive functions. The primary objective of this study was to evaluate the individual and interactive effects of dietary lipids—specifically long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFAs)—and vitamin E, an antioxidant, on the growth and nutritional performance of male seabream broodstock during the reproductive season.

Materials and Methods

A total of 180 male seabream (initial mean weight: 338.61 ± 1.94 g) were distributed across 18 concrete tanks (4-ton capacity) and assigned to six dietary treatments arranged in a 3 × 2 factorial design. Treatments included three levels of fish oil replacement with soybean oil (0%, 50%, and 100%) and two levels of vitamin E supplementation (0 and 2.5 g kg^{-1} diet). The feeding trial lasted eight weeks, during which growth performance, feed utilization, and visceral indices were monitored.

Results

Diets enriched with LC-PUFAs—particularly n-3 fatty acids—combined with vitamin E significantly enhanced growth performance, including weight gain, specific growth rate, condition factor, feed conversion ratio, lipid efficiency ratio, and total feed intake ($p < 0.05$). Visceral indices such as gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) were also significantly higher, indicating improved gonadal development and hepatic metabolic status. In contrast, visceral fat index and relative gut length were not significantly affected, suggesting that dietary lipids and vitamin E were preferentially directed toward somatic growth and reproductive pathways rather than fat deposition or intestinal development.

Conclusion

These results demonstrate that dietary formulations enriched with LC-PUFAs—particularly DHA and EPA—together with vitamin E supplementation provide an effective nutritional strategy for enhancing growth, feed efficiency, liver health, and reproductive performance in male seabream broodstock. Optimizing lipid source and antioxidant inclusion in broodstock diets can thus improve overall aquaculture productivity and support the physiological requirements of protandrous hermaphroditic fish during the reproductive season.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

بوم‌شناسی آبزیان
شاپا چاپی: ۲۷۵۱-۲۳۲۲ شاپا الکترونیکی: ۹۳۵۵-۲۹۸۰
https://jae.hormozgan.ac.ir
دانشگاه هرمزگان

اثرات سطوح مختلف اسیدهای چرب PUFA و ویتامین E بر عملکرد شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای مولدین نر صبیتی (*Sparidentex hasta*)

زهرا فلامرزی[۱]، محمد ذاکری[۱] ✉، سید محمد موسوی[۱]

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۱/۲۶

✉**نویسنده مسئول:**
Zakeri.mhd@gmail.com

کلیدواژه‌ها:
اسیدهای چرب، مولد نر صبیتی، ویتامین E، هرمافرودیت، PUFA.

چکیده

با کاهش یا توقف رشد سوماتیک ماهیان صبیتی در فصل تولیدمثل، انتظار می رود که ماهیان هرمافرودیت پروتاندروس بدلیل اینکه با افزایش سن، اندازه و وزن خود به جنس ماده تبدیل می‌شوند سعی به ادامه روند رشد خود داشته باشند. از این رو هدف اصلی این پژوهش طراحی جیره‌های آزمایشی که با افزودن سطوح متفاوت چربی به‌عنوان اسیدهای‌چرب ضروری غیراشباع و ویتامین E بعنوان آنتی‌اکسیدان و اثرات متقابل این مواد مغذی بر عملکرد رشد و تغذیه مولدین نر ماهی صبیتی در فصل تولیدمثل مورد بررسی قرار گیرد. ۱۸۰ مولد نر ماهی صبیتی با میانگین وزن اولیه ۱/۹۴±۳۳۸/۶۱ گرم به مدت هشت هفته، در ۱۸ حوضچه بتنی ۴ تنی در ۶ تیمار بر اساس طراحی فاکتوریل (۳×۲) شامل سه سطح جایگزینی روغن ماهی با روغن سویا (۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) و دو سطح ویتامینE (۰ و ۲/۵ گرم در کیلوگرم جیره) طراحی شد. نتایج نشان داد تیمارهای حاوی اسیدهای چرب بلند زنجیر به‌ویژه اسیدهای چرب سری n–۳ در حضور ویتامین E، افزایش معنی‌داری در شاخص‌های رشد از جمله درصد افزایش وزن، درصد نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی، ضریب تبدیل غذایی،ضریب بازده چربی و کل غذای مصرف شده نسبت به سایر تیمارها داشتند. هم‌چنین شاخص‌های احشایی شامل گنادوسوماتیک و هپاتوسوماتیک در این گروه‌ها بالاتر بوده که نشان‌دهنده توسعه بهتر گناد و بهبود وضعیت متابولیکی کبد است. در مقابل، شاخص‌های چربی محوطه شکمی و شاخص نسبی طول روده تغییر معنی‌داری نداشتند که حاکی از آن است که منابع چربی و ویتامین E بیشتر در مسیرهای مرتبط با رشد و تولیدمثل مصرف شده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب منابع غنی از اسیدهای چرب بلند زنجیر به‌ویژه DHA و EPA همراه با ویتامین E می‌توانند ضمن بهبود کارایی رشد و تغذیه، نقش مهمی در ارتقای شاخص‌های احشایی مرتبط با تولیدمثل ایفا کنند. براساس نتایج این تحقیق می توان عنوان نمود که تیمار حاوی سطوح بالای PUFA بهمراه ویتامین E اثرات مثبت معنا داری بر شاخص های رشد و تغذیه ای ماهیان مولدین نر صبیتی دارد.

ناشر: دانشگاه هرمزگان.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

مقدمه

ماهی صبیتی (*S. hasta*) یکی از گونه‌های با ارزش اقتصادی و پرورشی در صنعت شیلات است که به دلیل رشد سریع و مقاومت نسبی در برابر شرایط محیطی، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. بهبود روش‌های تغذیه و مدیریت پرورش این گونه می‌تواند به افزایش بازده تولید و بهبود کیفیت مولدها منجر شود. تغذیه مناسب، به‌ویژه در فصل تولیدمثل، نقش حیاتی در عملکرد زیستی و تولیدمثل مولدهای نر ایفا می‌کند. استفاده از مواد مغذی خاص یا آنتی‌اکسیدان‌ها می‌تواند تأثیرات مثبتی بر عملکرد رشد و تغذیه این مولدین هرمافرودیت پروتاندروس داشته باشد. در فصل تولیدمثل، نیازهای تغذیه‌ای این گونه به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد و تامین رژیم غذایی متعادل و غنی از مواد مغذی ضروری می‌تواند در موفقیت تولیدمثل و افزایش بازدهی پرورش نقشی کلیدی داشته باشد. مطالعات مختلف نشان می‌دهند که استفاده از رژیم‌های غذایی باکیفیت برای مولدین، که به‌منظور افزایش موفقیت در تولیدمثل طراحی شده‌اند، به همراه بهبود مدیریت مولدین، می‌تواند به پرورش دهندگان کمک کند تا تعداد کمتری مولد را برای دستیابی به اهداف تولید تخم و بچه ماهی، نیاز داشته باشند و بچه ماهیان باکیفیت‌تری را تولید کنند که نیازهای پرورش دهندگان را در طول سال تأمین می کند (Asturiano *et al*., 2001; Zakeri *et al*., 2011; Scabini *et al*., 2011; Butts *et al*., 2015; Izquierdo *et al*., 2015; Pandey, 2022).

در حال حاضر، تحقیقات محدودی در زمینه تغذیه مولدین و تأثیرات بالقوه آن بر عملکرد رشد و تغذیه با افزودن ویتامین‌ها و اسیدهای چرب ضروری غیر اشباع به رژیم غذایی این گونه وجود دارد. اسیدهای چرب غیراشباع و ویتامین E، به‌عنوان اجزای حیاتی تغذیه‌ای، علاوه بر بهبود سلامت عمومی، اثرات مثبتی بر عملکرد رشد و تغذیه ماهیان دارند. ویتامین‌ها مواد ارگانیکی هستند که برای رشد، بازماندگی، تولیدمثل و سلامت آبزیان ضرورت دارند و چون ماهیان توانایی سنتز آنها را ندارند باید در جیره‌غذایی حضور داشته باشند (Gaylord *et al*., 1998). نیازهای تغذیه‌ای به ویتامین E در ماهیان به طور گسترده مطالعه شده است، که نشان دهنده تاثیرات مثبت قابل‌توجه این ویتامین بر عملکرد رشد و عملکردهای فیزیولوژیکی متفاوت در گونه‌های مختلف دارد (Lozano *et al*., 2017; Kumar *et al*., 2018; El Sayed *et al*., 2022; Andriawan *et al*., 2023). کارکرد اصلی ویتامین E در جیره مولدین برای جلوگیری از اکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع نشده، فسفولیپیدها و کلسترول در غشای سلولی و زیرسلولی است که این به نوبه خود استفاده هم زمان ویتامین E و اسیدهای چرب را دچار چالش می‌کند تا نتیجه مطلوب‌تری حاصل شود (Hanaee Kashani *et* al, 2012).

در سال‌های اخیر، نیازهای پروتئین، چربی (شامل اسیدهای چرب غیر اشباع ضروری که ماهیان توانایی سنتز آن‌ها را ندارند)، ویتامین و انرژی در بسیاری از گونه‌های تجاری ماهیان به‌طور گسترده بررسی شده است (Glencross 2009; Darias *et al.,* 2011; Mirabet *et al*., 2018; Fei *et al*., 2020; Zhou *et al*., 2022). گزارش شده است که افزودن اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA) در رژیم غذایی ماهیان، با بهبود نسبت n−۳ به n−۶، محتوای پروفایل اسیدهای چرب ماهیان را ارتقا می‌دهد (Henrotte *et al*., 2010; Baeza *et al*., 2015; Yonar *et al* 2020; Zhou *et al*., 2022). با این‌حال، مطالعاتی که به‌طور خاص به تغذیه مولد نر ماهی صبیتی بپردازد، هم‌چنان محدود است.

با کاهش یا توقف رشد سوماتیک ماهیان در فصل تولیدمثل، انتظار می رود که ماهیان هرمافرودیت پروتاندروس بدلیل اینکه با افزایش سن، اندازه و وزن خود به جنس ماده تبدیل می‌شوند سعی به ادامه روند رشد خود داشته باشند. از این رو هدف اصلی این پژوهش طراحی جیره‌های آزمایشی که با افزودن سطوح متفاوت چربی به‌عنوان اسیدهای‌چرب ضروری غیراشباع و ویتامین E بعنوان آنتی‌اکسیدان و اثرات متقابل این مواد مغذی بر عملکرد رشد و تغذیه مولدین نر ماهی صبیتی در فصل تولیدمثل مورد بررسی قرار گیرد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی یک دوره ۸ هفته‌ای در مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی بندرکلاهی (میناب، هرمزگان) انجام شد. تعداد ۱۸۰ مولد نر ماهی صبیتی با میانگین وزن اولیه ۱/۹۴±۳۳۸/۶۱ گرم و طول کل ۰/۱۱±۲۸/۱۹ سانتی‌متر انتخاب و پس از ضدعفونی و سازگاری اولیه به مدت دو هفته، در ۱۸ حوضچه بتنی ۴ تنی (۱۰ مولد با نسبت تقریبی ۱ کیلوگرم در هر مترمکعب) ذخیره‌سازی شدند. (Teng et al., 1999). شرایط فیزیکوشیمیایی آب در طول دوره آزمایش اندازه گیری می‌شد (میانگین دما ۰/۰۵±۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد، شوری ۰/۱۴±۳۸/۴۳ قسمت در هزار، pH برابر ۰/۰۶±۸/۳۶ و اکسیژن محلول ۰/۰۶±۵/۲۹ میلی‌گرم در لیتر). تیمارهای آزمایشی شامل ۶ گروه بر اساس طراحی فاکتوریل (۳×۲) بودند که شامل سه سطح جایگزینی روغن ماهی با روغن سویا (۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) و دو سطح ویتامینE (۰ و ۲/۵ گرم در کیلوگرم جیره) بودند.

تیمار A (F۱۰V۰E۰): حاوی اقلام غذایی پایه + از مجموع کل ۱۰ درصد چربی موجود در جیره غذایی، فقط از روغن سویا استفاده شد.

تیمار B (F۵V۵E۰): حاوی اقلام غذایی پایه + از مجموع کل۱۰ درصد چربی موجود در جیره غذایی، ۵ درصد روغن سویا + ۵ درصد روغن ماهی استفاده شد.

تیمار C (F۰V۱۰E۰): حاوی اقلام غذایی پایه + از مجموع کل ۱۰ درصد چربی موجود در جیره غذایی، فقط از روغن ماهی استفاده شد.

تیمار D (F۱۰V۰E۰/۲۵): حاوی اقلام غذایی پایه + از مجموع کل ۱۰ درصد چربی موجود در جیره غذایی، فقط از روغن سویا + ۰/۲۵ درصد ویتامین E استفاده شد.

تیمار E (F۵V۵E۰/۲۵): حاوی اقلام غذایی پایه + از مجموع کل ۱۰ درصد چربی موجود در جیره غذایی، ۵ درصد روغن سویا + ۵ درصد روغن ماهی + ۰/۲۵ درصد ویتامین E استفاده شد.

تیمار F (F۰V۱۰E۰/۲۵): حاوی اقلام غذایی پایه + از مجموع کل۱۰ درصد چربی موجود در جیره غذایی، فقط روغن ماهی + ۰/۲۵ درصد ویتامین E استفاده شد.

جیره‌های آزمایشی با اقلام غذایی پایه (پودر ماهی، کازئین، ژلاتین، پودر سویا، آرد گندم، روغن ماهی، روغن سویا، مکمل ویتامینی و معدنی) تهیه و فرموله (براساس فرمولاسیون ارائه شده در جدول ۱ و نرم افزار WUFFDA) شدند (Caruso et al., 2012). ابتدا مواد غذایی به دقت توزین و مخلوط شدند و سپس با آب ولرم مخلوط شده تا حالت خمیری پیدا کنند. پلت‌های غذا با استفاده از سرنگ و بصورت دستی آماده و در دمای محیط خشک و سپس در یخچال نگهداری شدند (Brauge *et al*., 1994). مولدین روزانه در دو نوبت (۸ صبح و ۵ عصر) با روش سیری به مدت ۸ هفته تغذیه شدند (Teng *et al*., 1999). در پایان دوره، شاخص‌های رشد (درصد افزایش وزن، درصد افزایش طول، ضریب رشد ویژه، ضریب چاقی، ضریب تبدیل غذایی، ضریب بازده غذایی، ضریب بازده پروتئین، ضریب بازده چربی، درصد بازماندگی و کل غذای مصرف شده) و شاخص‌های احشایی (شاخص احشایی، شاخص گنادی، شاخص کبدی، شاخص چربی محوطه شکمی و شاخص نسبی طول روده) در تیمارها اندازه‌گیری شدند.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۱- فرمولاسیون ترکیبات جیره غذایی تیمارهای مختلف سطوح متفاوت چربی و ویتامین E جهت تغذیه مولدین نر ماهی صبیتی (*S. hasta*)

اقلام غذایی (گرم)	تیمارها					
	A	B	C	D	E	F
پودر ماهی(g)[a]	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
کازئین(g)[a]	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
ژلاتین(g)[a]	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰
پودر سویا(g)[a]	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
آرد گندم(g)[a]	۱۹۰	۱۹۰	۱۹۰	۱۸۷/۵	۱۸۷/۵	۱۸۷/۵
روغن ماهی(g)	۰	۵۰	۱۰۰	۰	۵۰	۱۰۰
روغن سویا(g)	۱۰۰	۵۰	۰	۱۰۰	۵۰	۰
ویتامین E (g)[b]	۰	۰	۰	۲/۵	۲/۵	۲/۵
مکمل ویتامینی (g)[c]	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
مکمل مواد معدنی (g)[d]	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
آنالیز تقریبی ترکیبات بیوشیمیایی جیره‌های غذایی ساخته شده (درصد ماده خشک)[e]						
درصد پروتئین خام	۴۹/۳۵±۰/۲۹	۴۹/۳۵±۰/۸۵	۵۰/۹۶±۰/۱۴	۴۹/۹۸±۰/۱۵	۵۱/۸۴±۰/۴۶	۵۰/۴۱±۰/۱۳
درصد چربی خام	۹/۹۱±۰/۳۳	۱۱/۱۰±۰/۰۰	۱۱/۰۴±۰/۱۶	۱۰/۳۳±۰/۱۸	۱۱/۰۵±۰/۴۶	۱۰/۸۲±۰/۱۵
درصد کربوهیدرات کل	۳۲/۹۲±۰/۶۶	۲۸/۱۱±۰/۶۹	۲۹/۷۹±۰/۴۹	۳۱/۴۰±۰/۳۱	۲۹/۲۰±۰/۷۵	۳۰/۴۶±۰/۴۲
درصد خاکستر	۸/۸۳±۰/۱۸	۸/۳۵±۰/۱۴	۷/۷۶±۰/۴۹	۷/۹۷±۰/۰۶	۷/۴۴±۰/۱۴	۸/۲۲±۰/۱۲
درصد انرژی (کیلوژول/گرم)	۲۱/۱۱	۲۱/۹۹	۲۱/۶۷	۲۱/۲۷	۲۱/۸۶	۲۱/۴۱

a – آنالیز شیمیایی تقریبی اجزای غذایی مورد استفاده در جیره‌های آزمایشی بر اساس وزن خشک (درصد) = پودر ماهی (پروتئین ۶۱٪ و چربی ۹٪)، کازئین (پروتئین ۷۵٪ و چربی ۱/۵٪)، ژلاتین (پروتئین ۹۶٪ و چربی ۲٪)، پودر سویا (پروتئین ۴۸٪ و چربی ۲/۴٪)، آرد گندم (پروتئین ۲۳٪ و چربی ۵٪).

b– از DL -α-tocopherol acetate (شرکت دانش پژوهان شیمی، مرک، آلمان) به منظور منبع ویتامین E استفاده شد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

c – ترکیب مخلوط مکمل مواد ویتامینی (میلی گرم در کیلوگرم): (B_4 = ۲۰۰۰ ؛ C = ۵۰۰ ؛B = ۴۰۰ ؛ B_3 = ۱۵۰ ؛ B_5 = ۴۴ ؛ B_2 = ۲۰ ؛ B_6 ۱۲ ؛ K_3 = ۱۰ ؛ B_1 = ۱۰ ؛ A = ۷/۳ ؛ B_9 = ۵ ؛ B_7 = ۱ ؛ D_3 = ۰/۰۶ ؛ B_{12} = ۰/۰۲) (Peng et al., 2009).

d – ترکیب مخلوط مکمل مواد معدنی: (مونو پتاسیم فسفات (g/kg) = ۲۲ ؛ سولفات آهن (g/kg) = ۱۰ ؛ سولفات روی (g/kg) = ۰/۱۳ ؛ سولفات منگنز (mg/kg) = ۸/۵۲ ؛ سولفات مس (mg/kg) = ۱۲ ؛ سولفات کبالت (mg/kg) = ۲ ؛ پتاسیم یدید (mg/kg) = ۲) (Peng et al., 2009).

e– تعیین درصد پروتئین به روش کجلدال و ضرب مقدار نیتروژن در عدد ۶/۲۵، تعیین درصد چربی به روش سوکسله، تعیین درصد خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی و محاسبه درصد انرژی بر اساس انرژی موجود در هر گرم پروتئین (۶/۲۳ کیلوژول بر گرم) ، چربی (۵/۳۹ کیلوژول بر گرم) و کربوهیدرات (۲/۱۷ کیلوژول بر گرم) محاسبه گردید (NRC, 1983; AOAC,2005).

بخشی از جیره‌های غذایی فرموله شده (سه تکرار از هر تیمار) به آزمایشگاه کیمیا پژوه البرز اصفهان جهت اندازه‌گیری مقادیر ویتامین E بوسیله دستگاه HPLC با روش کروماتوگرافی مایع و آنالیز اسیدهای چرب موجود در جیره با روش استخراج چربی اتر و دستگاه گازکروماتوگراف ارسال گردید (Folch *et al*., 1957; Gaylord *et al*., 1998). که ترکیبات اسیدهای چرب و هم‌چنین میزان ویتامین E موجود در هر جیره غذایی ساخته شده نیز در جدول ۲ گزارش شده است (Tian *et al*., 2016).

جدول ۲- آنالیز ترکیب اسیدهای چرب و ویتامین E موجود در جیره‌های تغذیه‌ای استفاده شده در آزمایش

درصد اسیدهای چرب	تیمارهای آزمایشی					
	A	B	C	D	E	F
C14	۳/۵۸±۰/۰۱	۲/۰۵±۰/۰۱	۰/۸۴±۰/۰۱	۳/۳۸±۰/۱۹	۲/۰۴±۰/۰۱	۰/۸۳±۰/۰۱
C16	۱۹/۶۵±۰/۰۱	۱۳/۲۴±۰/۳۵	۹/۵۶±۰/۱۷	۱۹/۵۴±۰/۲۳	۱۴/۰۵±۰/۲۹	۹/۴۹±۰/۱۵
C18	۵/۲۲±۰/۰۱	۴/۷۶±۰/۰۱	۳/۶۳±۰/۲۳	۵/۲۱±۰/۰۱	۴/۳۱±۰/۲۱	۳/۶۳±۰/۲۶
Total SFA	۱۳/۹۵±۰/۱۴	۲۰/۴۰±۰/۳۳	۲۸/۱۵±۰/۳۶	۱۴/۰۳±۰/۳۹	۲۰/۰۵±۰/۳۴	۲۸/۶۴±۰/۰۱
C16:1	۴/۲۳±۰/۰۱	۲/۴۲±۰/۱۰	۰/۶۶±۰/۰۱	۴/۴۲±۰/۱۹	۲/۳۲±۰/۰۱	۰/۶۶±۰/۰۱
C18:1	۱۷/۱۷±۰/۰۱	۱۴/۶۳±۰/۰۱	۱۲/۷۹±۰/۱۳	۱۷/۲۰±۰/۰۱	۱۴/۲۵±۰/۳۷	۱۲/۶۲±۰/۲۹
Total MUFA	۲۱/۴۰±۰/۰۱	۱۷/۰۵±۰/۰۹	۱۳/۴۵±۰/۱۳	۲۱/۶۲±۰/۲۰	۱۶/۵۷±۰/۳۶	۱۳/۲۸±۰/۲۸
C18:2n6	۴/۶۹±۰/۱۴	۲۶/۵۷±۰/۳۴	۴۹/۲۶±۰/۰۱	۴/۴۹±۰/۲۲	۲۶/۹۶±۰/۰۱	۴۹/۲۶±۰/۰۱
C18:3 n3	۲/۲۱±۰/۰۶	۱/۲۵±۰/۰۱	۰/۷۳±۰/۰۶	۲/۲۵±۰/۰۱	۱/۴۸±۰/۱۱	۰/۵۶±۰/۲۰
C20:4n6	۷/۲۲±۰/۰۵	۸/۲۰±۰/۱۳	۱۰/۶۳±۰/۲۰	۷/۳۶±۰/۵۵	۸/۵۴±۰/۲۰	۱۰/۶۲±۰/۲۲
C20:5n3	۱۷/۲۱±۰/۰۹	۱۴/۳۲±۰/۰۱	۸/۳۱±۰/۱۶	۱۷/۳۲±۰/۰۱	۱۴/۰۲±۰/۲۹	۸/۷۴±۰/۱۸
C22:6n3	۱۸/۷۸±۰/۰۱	۱۲/۵۴±۰/۰۱	۳/۵۷±۰/۰۱	۱۸/۸۰±۰/۰۱	۱۲/۰۰±۰/۳۰	۳/۵۷±۰/۰۱
Total PUFA	۵۰/۱۳±۰/۰۱	۶۲/۸۹±۰/۴۴	۷۲/۵۱±۰/۳۲	۵۰/۲۲±۰/۵۶	۶۳/۰۲±۰/۳۲	۷۲/۷۶±۰/۴۳
Total n3	۳۸/۲۱±۰/۱۰	۲۸/۱۱±۰/۰۱	۱۲/۶۱±۰/۱۰	۳۸/۳۷±۰/۰۱	۲۷/۵۰±۰/۵۳	۱۲/۸۷±۰/۲۵
Total n6	۱۱/۹۳±۰/۰۹	۳۴/۷۸±۰/۴۵	۵۹/۸۹±۰/۲۱	۱۱/۸۵±۰/۵۵	۳۵/۵۱±۰/۲۱	۵۹/۸۸±۰/۲۲
n3/n6	۳/۲۰±۰/۰۳	۰/۸۱±۰/۰۱	۰/۲۱±۰/۰۱	۳/۲۵±۰/۱۵	۰/۷۷±۰/۰۱	۰/۲۱±۰/۰۱
DHA/EPA	۱/۰۸±۰/۰۱	۰/۸۸±۰/۰۱	۰/۴۳±۰/۰۱	۱/۰۸±۰/۰۱	۰/۸۵±۰/۰۱	۰/۴۱±۰/۰۱
AA/EPA	۰/۴۱±۰/۰۳	۰/۵۷±۰/۰۱	۱/۲۸±۰/۰۱	۰/۴۲±۰/۰۳	۰/۶۱±۰/۰۲	۱/۲۲±۰/۰۴
ویتامین E (g/kg)	۰/۴۲±۰/۰۳	۱/۷۲±۰/۰۵	۰/۳۳±۰/۰۱	۲/۸۸±۰/۰۱	۳/۷۹±۰/۰۹	۲/۸۱±۰/۰۱

با اتمام دوره غذادهی و جمع‌آوری داده‌های تغذیه‌ای، با کم کردن سطح آب حوضچه‌ها و استفاده از پودر گل میخک، مولدین بیهوش شدند (Afkhami *et al*., 2014). سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۱ g/kg) توزین و طول کل آن‌ها با استفاده از خط‌کش بیومتری اندازه‌گیری شد. پس از آن مولدین تشریح و امعا و احشای آنها جدا سازی گردید. ابتدا کل امعا و احشا

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

و سپس هر یک از اندام های گناد، کبد، چربی و روده به دقت جداسازی و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ توزین شدند. شاخص‌های گنادی (GSI)، کبدی (HSI)، احشایی (VSI)، چربی محوطه شکمی (IFR) و شاخص نسبی طول روده (RLG) با استفاده از رابطه های زیر محاسبه گردید (Biswas, 1993).

۱) رابطه درصد شاخص گنادی $GSI\ (\%) = \frac{(\text{وزن گناد})}{(\text{وزن نهایی بدن})} \times 100$

۲) رابطه درصد شاخص کبدی $HSI\ (\%) = \frac{(\text{وزن کبد})}{(\text{وزن نهایی بدن})} \times 100$

۳) رابطه درصد شاخص احشایی $VSI\ (\%) = \frac{(\text{وزن کل احشا})}{(\text{وزن نهایی بدن})} \times 100$

۴) رابطه شاخص چربی محوطه شکمی $IFR\ (\%) = \frac{(\text{وزن چربی محوطه شکمی})}{(\text{وزن نهایی بدن})} \times 100$

۵) رابطه شاخص نسبی طول روده $RLG\ (cm) = \frac{(\text{طول روده})}{(\text{ طول ثانویه})} \times 100$

به جهت بررسی میزان عملکرد رشد و کارایی تغذیه‌ای جیره های غذایی در انتهای دوره آزمایش از رابطه های زیر استفاده گردید: درصد وزن گیری (WG)، درصد افزایش طول (SLG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب چاقی (CF)، درصد بازماندگی (SR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، ضریب بازده غذا (FER)، ضریب بازده پروتئین (PER)، ضریب بازده چربی (LER) و کل غذای مصرف شده (TFI).

۶) رابطه درصد وزن گیری $WG\ (\%) = \frac{(\text{افزایش وزن})}{(\text{وزن اولیه})} \times 100$

۷) رابطه درصد افزایش طول $SLG\ (\%) = \frac{(\text{افزایش طول})}{(\text{طول اولیه})} \times 100$

۸) رابطه درصد نرخ رشد ویژه $SGR\ (\%) = \frac{(Ln\text{وزن اولیه} - Ln\text{وزن ثانویه})}{(\text{تعداد ماهیان})} \times 100$

۹) رابطه درصد ضریب چاقی $CF\ (\%) = \frac{(\text{وزن ثانویه})}{(\text{طول})^3} \times 100$

۱۰) رابطه درصد بازماندگی $SR\ (\%) = \frac{(\text{تعداد مولدین در پایان دوره})}{(\text{تعداد مولدین در ابتدای دوره})} \times 100$

۱۱) رابطه ضریب تبدیل غذایی $FCR = \frac{(\text{کل جیره داده شده})}{(\text{افزایش وزن})}$

۱۲) رابطه درصد ضریب بازده غذا $FER\ (\%) = \frac{(\text{افزایش وزن})}{(\text{کل جیره داده شده})} \times 100$

۱۳) رابطه ضریب بازده پروتئین $PER\ (g) = \frac{(\text{افزایش وزن})}{(\text{کل جیره داده شده} \times \text{پروتئین مصرفی})}$

۱۴) رابطه ضریب بازده چربی $LER\ (g) = \frac{(\text{وزن افزایش })}{(\text{چربی مصرفی})}$

۱۵) رابطه کل غذای مصرف شده $TFI\ (g) = \frac{(\text{کل جیره داده شده})}{(\text{تعداد ماهیان})}$

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

ابتدا داده‌های بدست آمده از لحاظ توزیع نرمال واریانس‌ها توسط تست Shapiro_wilk بررسی شدند. جهت بررسی اختلاف بین میانگین متغیرهای تیمارها از آنالیز واریانس دوطرفه Tow-way-ANOVA استفاده شد. از پس آزمون دانکن در تیمارهایی که اخلاف معنی‌دار داشتند (سطح ۵ درصد) به منظور مقایسه‌های چندگانه در نظر گرفته شد. گزارش تمامی داده‌های حاضر به صورت میانگین ± خطای استاندارد می‌باشد. داده‌های بدست آمده از پژوهش حاضر با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ پردازش شده اند.

در جدول ۳ نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های رشد وزنی و طولی مولدین نر صبیتی تغذیه شده با سطوح مختلف PUFA و ویتامین E آورده شده است. در پایان ۸ هفته دوره تغذیه مولدین، افزایش وزن‌تر بدن بطور معنی‌داری تحت تاثیر سطوح مختلف PUFA، افزودن ویتامین E و هم‌چنین برهمکنش آن‌ها قرار گرفته است (p <۰/۰۵) اما بر میزان افزایش طول کل مولدین نر صبیتی تاثیر معنی‌داری نداشتند (p > ۰/۰۵). بیش‌ترین میزان شاخص افزایش وزن‌تر بدن در فاکتور سطوح مختلف PUFA مربوط به تیمار F۱۰V۰ و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار F۰V۱۰ بودند و در فاکتور افزودن ویتامین E بیش‌ترین میزان افزایش وزن‌تر بدن تحت تاثیر ۲/۵ گرم بر کیلوگرم جیره غذایی قرار گرفت.

جدول ۳- میانگین وزن و طول مولدین نر ماهی صبیتی (*S. hasta*) تغذیه شده با سطوح مختلف PUFA و ویتامین E (میانگین± خطای استاندارد/n=۳).

تیمارها		وزن تر اولیه (g)	وزن تر ثانویه (g)	افزایش وزن تر (g)	طول کل اولیه (cm)	طول کل ثانویه (cm)	افزایش طول کل (cm)	درصد افزایش طول (cm)
Oil (%)	Vitamin E (%)							
Individual treatment means*								
F۱۰V۰	۰	۳۳۲/۰۱±۴/۶۶	۴۳۰/۳۵±۱/۲۲	۹۸/۳۴±۶/۷۵	۲۸/۳۳±۰/۱۶	۲۸/۸۳±۰/۱۶	۰/۵۰±۰/۰۰	۱/۷۶±۰/۰۱
	۰/۲۵	۳۴۲/۱۸±۵/۷۹	۴۶۶/۳۲±۳/۶۷	۱۲۴/۱۴±۴/۵۱	۲۸/۵۰±۰/۲۸	۲۹/۳۳±۰/۱۶	۰/۶۶±۰/۱۶	۲/۳۴±۰/۵۸
F۵V۵	۰	۳۳۲/۹۹±۳/۹۱	۴۱۴/۱۳±۴/۶۱	۸۱/۱۴±۴/۴۷	۲۸/۰۰±۰/۲۸	۲۸/۵۰±۰/۲۸	۰/۵۰±۰/۰۰	۱/۷۸±۰/۰۲
	۰/۲۵	۳۴۴/۲۳±۱/۶۵	۴۵۳/۹۵±۵/۷۵	۱۰۹/۷۱±۸/۸۸	۲۸/۳۳±۰/۳۳	۲۹/۰۰±۰/۸۲	۰/۸۳±۰/۱۶	۲/۹۵±۰/۶۱
F۰V۱۰	۰	۳۳۲/۶۶±۳/۱۸	۳۷۶/۹۷±۴/۷۴	۴۴/۳۱±۵/۳۸	۲۷/۸۳±۰/۱۶	۲۸/۵۰±۰/۲۸	۰/۶۶±۰/۱۶	۲/۳۹±۰/۵۸
	۰/۲۵	۳۴۷/۶۳±۱/۰۹	۴۵۳/۹۲±۶/۶۰	۱۰۶/۲۹±۵/۶۸	۲۸/۱۶±۰/۳۳	۲۸/۸۳±۰/۴۴	۰/۸۳±۰/۱۶	۲/۹۴±۰/۵۶
Means of main effect*								
F۱۰V۰		۳۳۷/۰۹±۴/۲۷	۴۴۸/۳۳±۸/۲۲[a]	۱۱۱/۲۴±۶/۸۲[a]	۲۹/۰۸±۰/۱۵	۲۹/۱۶±۰/۱۶	۰/۰۵±۰/۰۸	۲/۰۵±۰/۲۹
F۵V۵		۳۳۸/۶۱±۳/۱۶	۴۳۴/۰۴±۹/۷۷[b]	۹۵/۴۲±۷/۶۸[b]	۲۸/۷۵±۰/۲۱	۲۸/۹۱±۰/۲۳	۰/۶۶±۰/۰۱	۲/۳۷±۰/۳۷
F۰V۱۰		۳۴۰/۱۴±۴/۶۶	۴۱۵/۴۴±۷/۵۸[c]	۷۵/۳۰±۴/۲۹[c]	۲۸/۶۶±۰/۲۴	۲۹/۰۳±۰/۲۰	۰/۷۵±۰/۱۱	۲/۶۷±۰/۳۸
E۰		۳۳۲/۵۵±۲/۸۷	۴۰۷/۱۵±۸/۱۳[b]	۷۴/۵۹±۸/۴۰[b]	۲۸/۶۱±۰/۱۳	۲۸/۷۲±۰/۱۴	۰/۵۵±۰/۰۵	۱/۹۸±۰/۱۹
E ۰/۲۵		۳۴۴/۶۸±۱/۹۳	۴۵۸/۰۶±۳/۷۴[a]	۱۱۳/۳۸±۴/۲۹[a]	۲۹/۰۵±۰/۱۷	۲۹/۳۸±۰/۰۷	۰/۷۷±۰/۰۸	۲/۷۴±۰/۳۱
ANOVA (P-values)**								
Oil		۰/۸۱۸(ns)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۳۸(ns)	۰/۳۴۴(ns)	۰/۴۹۳(ns)	۰/۴۶۱(ns)
E		۰/۰۹۰(ns)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۳۵(ns)	۰/۰۸۴(ns)	۰/۰۶۹(ns)	۰/۰۷۵(ns)
Oil×E		۰/۸۷۱(ns)	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	۰/۹۴۰(ns)	۰/۹۴۶(ns)	۰/۷۸۳(ns)	۰/۷۷۴(ns)

*F= Fish oil and V= Vegetable oil.
**Oil= Fish oil + Vegetable oil level; E= Vitamin E level; and ns=p>0/05.

جدول ۴ مربوط به میانگین داده‌های رشد، بقا و شاخص‌های تغذیه‌ای مولدین نر ماهی صبیتی می‌باشند. نتایج مشابهی با نتایج افزایش وزن‌تر بدن نیز در شاخص‌های درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه نیز مشاهده گردید (جدول ۳). درصد ضریب چاقی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر سطوح مختلف PUFA، افزودن ویتامین E و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (p<۰/۰۵). بیش‌ترین و

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

کم‌ترین میزان این شاخص در فاکتور سطوح مختلف PUFA به ترتیب مربوط به تیمارهای F۱۰V۰ و F۰V۱۰ بودند هر چند که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمار F۱۰V۰ و F۵V۵ وجود نداشت (p<۰/۰۵) و بالاترین میزان این شاخص تحت تاثیر افزودن ویتامین E قرار گرفت. نتایج نشان داد که سطوح مختلف PUFA، افزودن ویتامین E و برهمکنش آن‌ها بر شاخص ضریب تبدیل غذایی اثری معنی‌دار دارد (p<۰/۰۵) که بیش‌ترین میزان مربوط به تیمار F۰V۱۰ و کم‌ترین آن مربوط به تیمار F۱۰V۰ در فاکتور سطوح مختلف PUFA به ثبت رسید. در مورد افزودن ویتامین E بیش‌ترین میزان این شاخص در تیمار E۰/۲۵ مشاهده گردید. شاخص‌های ضریب بازده غذایی و ضریب بازده پروتئین تحت تاثیر افزودن ویتامین E قرار نگرفتند و تفاوت معنی‌داری ایجاد نکردند (p>۰/۰۵) اما در فاکتور سطوح مختلف PUFA و اثرات متقابل دو متغیر تحت تاثیر قرار گرفتند (p<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان این دو شاخص در فاکتور سطوح مختلف PUFA مربوط به تیمار F۱۰V۰ و کم‌ترین آن‌ها مربوط به تیمار F۰V۱۰ به ثبت رسید. نتایج آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که فاکتورهای سطوح مختلف PUFA، افزودن ویتامین E و برهمکنش آن‌ها تفاوت معنی‌داری بر شاخص‌های ضریب بازده چربی و کل غذای مصرف شده داشتند (p<۰/۰۵). در هر دو شاخص تیمار F۱۰V۰ بیش‌ترین و تیمار F۰V۱۰ کم‌ترین میزان را به خود اختصاص دادند. در فاکتور افزودن ویتامین E نیز بیش‌ترین و کم‌ترین میزان به ترتیب مربوط به تیمارهای E۰/۲۵ و E۰ بودند. طبق نتایج جیره‌های غذایی آزمایشی بر میزان درصد بازماندگی مولدین نر صبیتی تاثیر معنی‌داری نداشتند (p > ۰/۰۵).

جدول ٤- میانگین داده‌های رشد و وضعیت تغذیه ای مولدین نر ماهی صبیتی (*S. hasta*) تغذیه شده با سطوح مختلف PUFA و ویتامین E (میانگین± خطای استاندارد/n=۳).

تیمارها		درصد افزایش وزن (%WG)	درصد نرخ رشد ویژه (%SGR)	ضریب چاقی (%CF)	ضریب تبدیل غذایی (FCR)	ضریب بازده غذایی (%FER)	ضریب بازده پروتئین (PER g)	ضریب بازده چربی (LER g)	کل غذای مصرف شده (TFI g)	درصد بقا (%SR)
Oil (%)	Vitamin E (%)									
Individual treatment means*										
F۱۰V۰	۰	۲۹/۷۰±۲/۵۶	۰/۴۶±۰/۰۳	۱/۷۶±۰/۰۵	۱/۴۹±۰/۰۸	۰/۶۷±۰/۰۳	۱/۳۷±۰/۰۸	۱۰/۲۲±۰/۶۴	۲۰۰/۶۹±۴/۴۱	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
	۰/۲۵	۳۶/۳۳±۱/۸۴	۰/۵۵±۰/۰۲	۱/۸۴±۰/۰۳	۲/۱۱±۰/۰۴	۰/۴۷±۰/۰۱	۰/۹۵±۰/۰۲	۱۲/۰۱±۰/۳۲	۳۰۵/۲۵±۱/۳۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
F۵V۵	۰	۲۴/۳۷±۱/۱۳	۰/۳۸±۰/۰۱	۱/۷۹±۰/۰۳	۲/۱۵±۰/۰۶	۰/۴۶±۰/۰۱	۰/۹۰±۰/۰۲	۶/۳۹±۰/۲۷	۱۹۵/۸۱±۳/۲۵	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
	۰/۲۵	۳۱/۸۹±۲/۷۰	۰/۴۹±۰/۰۳	۱/۷۶±۰/۰۲	۲/۰۴±۰/۱۳	۰/۴۹±۰/۰۳	۰/۹۵±۰/۰۶	۹/۴۵±۰/۹۷	۲۴۴/۴۱±۱/۹۷	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
F۰V۱۰	۰	۱۳/۳۸±۱/۸۰	۰/۲۲±۰/۰۲	۱/۶۰±۰/۰۲	۳/۹۹±۰/۵۵	۰/۲۶±۰/۰۳	۰/۵۱±۰/۰۶	۳/۸۷±۰/۴۶	۱۹۰/۴۹±۱/۷۷	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
	۰/۲۵	۳۰/۵۶±۱/۵۵	۰/۴۷±۰/۰۲	۱/۸۰±۰/۰۳	۱/۹۷±۰/۰۸	۰/۵۱±۰/۰۲	۱/۰۱±۰/۰۴	۹/۸۰±۰/۴۴	۲۳۶/۷۴±۲/۰۳	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
Means of main effect*										
F۱۰V۰		۳۳/۰۱±۲/۰۴a	۰/۵۰±۰/۰۲a	۱/۸۰±۰/۰۳a	۱/۸۰±۰/۱۴b	۰/۵۷±۰/۰۴a	۱/۱۶±۰/۱۰a	۱۱/۱۱±۰/۵۱a	۲۵۲/۹۷±۱۳/۵۶a	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
F۵V۵		۲۸/۱۳±۲/۱۳b	۰/۴۴±۰/۰۲b	۱/۷۷±۰/۰۲ab	۲/۱۰±۰/۰۷b	۰/۴۷±۰/۰۱b	۰/۹۲±۰/۰۳b	۷/۹۲±۰/۸۲b	۲۲۰/۱۱±۱۱/۱۲b	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
F۰V۱۰		۲۱/۹۷±۳/۹۸c	۰/۳۴±۰/۰۵c	۱/۷۰±۰/۰۴b	۲/۹۸±۰/۵۱a	۰/۳۸±۰/۰۵c	۰/۷۶±۰/۱۱c	۶/۸۳±۰/۳۵b	۲۱۳/۶۱±۱۰/۳۸b	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
	E۰	۲۲/۴۸±۲/۵۸b	۰/۳۵±۰/۰۳b	۱/۷۱±۰/۰۳b	۲/۵۴±۰/۴۰a	۰/۴۶±۰/۰۶	۰/۹۲±۰/۱۲	۶/۸۲±۰/۹۵b	۱۹۵/۶۶±۱۲/۸۱b	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
	E ۰/۲۵	۳۲/۹۳±۱/۳۶a	۰/۵۰±۰/۰۱a	۱/۸۰±۰/۰۲a	۲/۰۴±۰/۰۵b	۰/۴۹±۰/۰۱	۰/۹۷±۰/۰۲	۱۰/۴۲±۰/۵۱a	۲۶۲/۱۳±۱۰/۸۲a	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰
ANOVA (P-values)**										
Oil		۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۴۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱(ns)
E		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۴	۰/۲۵۷(ns)	۰/۳۷۷(ns)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱(ns)
Oil×E		۰/۰۴۱	۰/۰۲۴	۰/۰۳۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰	۱(ns)

***F= Fish oil and V= Vegetable oil.**
****Oil= Fish oil + Vegetable oil level; E= Vitamin E level; and ns=*p*>0/05.**

[Downloaded from jaehormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

بر اساس نتایج تحلیل واریانس (جدول ۵) فاکتورهای سطوح مختلف PUFA، افزودن ویتامین E تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های احشایی و کبدی داشتند، علاوه‌براین اثر متقابل بین این دو فاکتور نیز در هر دو شاخص از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در هر دو شاخص بیش‌ترین و کم‌ترین میزان در فاکتور سطوح مختلف PUFA به ترتیب مربوط به تیمار F۱۰V۰ و F۰V۱۰ بودند اما تفاوت معنی‌داری بین تیمار F۱۰V۰ با تیمار F۵V۵ مشاهده نگردید ($p>۰/۰۵$). در فاکتور افزودن ویتامین E نیز مشخص شد که این دو شاخص تحت تاثیر تیمار E۰/۲۵ قرار گرفته اند. براساس نتایج بدست آمده مشخص گردید که فاکتورهای سطوح مختلف PUFA، افزودن ویتامین E و برهمکنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر شاخص گنادی داشتند ($p<۰/۰۵$). در فاکتور سطوح مختلف PUFA بیش‌ترین میزان این شاخص در ترکیب تیمار F۱۰V۰ مشاهده گردید که با سایر تیمارها تفاوت داشت و در یک گروه آماری مستقل قرار گرفت و کم‌ترین میزان این شاخص در ترکیب تیمار F۰V۱۰ مشاهده گردید اما با تیمار F۵V۵ تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$) و در فاکتور افزودن ویتامین E نیز بالاترین میزان به تیمار E۰/۲۵ اختصاص داشت. نتایج آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که هیچ یک از فاکتورهای سطوح مختلف PUFA، افزودن ویتامین E و برهمکنش آن‌ها تاثیر معنی داری بر شاخص‌های چربی محوطه شکمی و شاخص نسبی طول روده نداشتند ($p>۰/۰۵$).

جدول ۵- میانگین شاخص‌های احشایی مولدین نر ماهی صبیتی (*S. hasta*) تغذیه شده با سطوح مختلف PUFA و ویتامین E (میانگین± خطای استاندارد/ n=۳).

تیمارها		شاخص احشایی (%VSI)	شاخص گنادی (%GSI)	شاخص کبدی (%HSI)	شاخص چربی محوطه شکمی (%IFR)	شاخص نسبی طول روده (RLG cm)
Oil (%)	Vitamin E (%)					
Individual treatment means*						
F۱۰V۰	۰	۷/۴۹±۰/۶۲	۲/۲۸±۰/۱۹	۱/۴۷±۰/۰۶	۰/۷۸±۰/۲۲	۱/۱۵±۰/۰۲
	۰/۲۵	۱۲/۷۳±۰/۴۹	۴/۰۹±۰/۳۲	۲/۳۹±۰/۱۷	۱/۵۳±۰/۰۳	۱/۱۴±۰/۰۵
F۵V۵	۰	۷/۲۹±۰/۷۱	۱/۷۵±۰/۰۹	۱/۶۳±۰/۱۹	۰/۸۵±۰/۳۱	۱/۱۲±۰/۰۲
	۰/۲۵	۱۱/۵۴±۰/۳۵	۳/۴۲±۰/۰۴	۲/۱۵±۰/۰۱	۱/۳۰±۰/۱۲	۱/۰۱±۰/۰۳
F۰V۱۰	۰	۶/۲۹±۰/۰۸	۱/۹۱±۰/۱۲	۱/۵۳±۰/۱۸	۱/۱۴±۰/۱۷	۱/۰۱±۰/۰۵
	۰/۲۵	۸/۵۶±۰/۴۶	۲/۷۱±۰/۰۸	۱/۶۴±۰/۰۱	۰/۹۲±۰/۲۷	۱/۰۹±۰/۰۲
Means of main effect*						
F۱۰V۰		۱۰/۱۱±۱/۳۷a	۳/۱۸±۰/۴۳a	۱/۹۳±۰/۲۲a	۱/۱۵±۰/۱۹	۱/۱۴±۰/۰۲
F۵V۵		۹/۴۲±۱/۰۱a	۲/۵۸±۰/۳۷b	۱/۸۹±۰/۱۴a	۱/۰۷±۰/۱۸	۱/۰۷±۰/۰۳
F۰V۱۰		۷/۴۲±۰/۵۴b	۲/۳۱±۰/۱۹b	۱/۵۸±۰/۰۸b	۱/۰۳±۰/۱۵	۱/۰۵±۰/۰۳
E۰		۷/۰۳±۰/۳۳b	۱/۹۸±۰/۱۹b	۱/۵۴±۰/۰۸b	۰/۹۲±۰/۱۲	۱/۰۸±۰/۰۲
E ۰/۲۵		۱۰/۹۴±۰/۷۷a	۳/۴۰±۰/۲۱a	۲/۰۶±۰/۱۲a	۱/۲۵±۰/۱۳	۱/۰۹±۰/۰۲
ANOVA (P-values)**						
Oil		۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴۹	۰/۸۵۰(ns)	۰/۰۸۱(ns)
E		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۸۵(ns)	۰/۶۸۴(ns)
Oil×E		۰/۰۱۸	۰/۰۲۶	۰/۰۳۷	۰/۱۰۴(ns)	۰/۰۸۵(ns)

*F= Fish oil and V= Vegetable oil.
**Oil= Fish oil + Vegetable oil level; E= Vitamin E level; and ns=p>0/05.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات منابع مختلف چربی در حضور یا عدم حضور ویتامین E بر شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای مولدین نر صبیتی (*S. hasta*) انجام شد. با توجه به نقش حیاتی جیره غذایی در تغذیه مولدین در بهبود گامت‌ها و توان تولیدمثلی بهتر، شناخت و مطالعه اثرات منابع مختلف چربی و هم‌چنین نسبت n-۳/n-۶ و استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها خصوصاً ویتامین‌ها از جمله ویتامین E می‌تواند گامی موثر در ارتقا بهره‌وری در کارگاه‌های تکثیر باشد (Utomo *et al*., 2007; Singh *et al*., 2021; Hernandez de-Dios *et al*., 2022). نتایج این پژوهش نشان داد که تیمارهای حاوی روغن ماهی در حضور ویتامین E، عملکرد بهتری در شاخص‌های رشد، تغذیه، احشایی و بقا داشتند. از طرفی برخی از شاخص‌ها به طور معنی داری تحت تاثیر نوع منبع چربی جیره غذایی به‌طور مستقیم قرار گرفتند (p<۰/۰۵).

در ماهیان دریایی رشد مولدین و بهبود گامت‌ها تحت تاثیر تغذیه به‌ویژه نوع و ترکیب چربی‌های موجود در جیره غذایی قرار دارند و اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره PUFA به‌ویژه اسیدهای چرب n-۳ مثل EPA و DHA نقش مهمی در ساختار و عملکرد غشای سلولی گامت‌ها دارند که از منبع چربی جیره غذایی تامین می‌شوند (Souza, 2010; Rombenso *et al*., 2017). ویتامین E نیز به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان محلول در چربی نقش مهمی در جلوگیری از پراکسیداسیون چربی و حفاظت از اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در غشای سلولی دارد (Izquierdo *et al*., 2001). چون این ویتامین از ایجاد آسیب و استرس اکسیداتیو به سلول‌های جنسی جلوگیری کرده و باعث ارتقا کیفیت لقاح می‌شود (Izquierdo *et al*., 2001; Alavi and Cosson, 2006; Butts et al., 2015). اهمیت استفاده از این آنتی‌اکسیدان‌ها زمانی برجسته‌تر می‌شود که به‌همراه منابع چربی غنی از PUFA در جیره غذایی استفاده شده باشند چرا که این اسیدهای چرب به طور خاص نسبت به پراکسیداسیون چربی‌ها بسیار حساس هستند (Butts *et al*., 2015) و در نتیجه یک برهمکنش مثبت بین نسبت متعادل n-۳/n-۶ و مکمل ویتامین E از طریق بهبود ترکیبات غشایی سلول‌های جنسی و کاهش استرس اکسیداتیو با حمایت از فرآیند اسپرماتوژنز و گامتوژنز، منجر به بهبود عملکرد تولید مثلی در مولدین می‌شوند (Mansour *et al*., 2011; Koprucu *et al*., 2015). افزون بر این اسیدهای چرب و آنتی‌اکسیدان‌ها از طریق تنظیم هورمون‌های استروئیدی، بیان ژن‌های مرتبط با تولید مثل و هم‌چنین تامین انرژی مورد نیاز برای فرآیندهای سلولی، نقش موثری در رشد بدن و توسعه گنادها دارند (Butts *et al*., 2015; Ferosekhan *et al*., 2020) بنابراین انتخاب چربی مناسب به‌همراه ویتامین E می‌تواند بر شاخص‌های رشد و سلامت کلی مولدین نر تاثیرگذار باشند.

رشد بهینه مولدین یکی از عوامل کلیدی موفقیت در سیستم‌های تکثیر مصنوعی و تولید لاروهای با کیفیت در ماهیان دریایی به‌شمار می‌رود. تغذیه مولدین به‌ویژه نوع و منبع چربی‌های مصرفی در جیره غذایی می‌تواند از طریق تامین انرژی و دخالت در مسیرهای فیزیولوژیکی اثر قابل‌توجهی بر شاخص‌های رشد داشته باشد. در پژوهش حاضر تاثیر منابع مختلف چربی و حضور یا عدم حضور ویتامین E بر شاخص‌های رشد، تغذیه و بقای مولدین نر ماهی صبیتی مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که تیمارهای غذایی بر همه شاخص‌های رشد و تغذیه (شامل درصد افزایش وزن، درصد نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی، ضریب تبدیل غذایی، ضریب بازده غذایی، ضریب بازده پروتئین، ضریب بازده چربی و کل غذای مصرف شده) بجز افزایش طول کل و بقا تاثیر معنی داری داشتند (p<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان درصد افزایش وزن در تیمار F۱۰V۰ (۱۰ درصد روغن ماهی بدون روغن گیاهی) و کم‌ترین میزان آن در تیمار F۰V۱۰ (۱۰ درصد روغن گیاهی بدون روغن ماهی) به ثبت رسید، هم‌چنین با افزایش میزان ویتامین E در جیره‌های غذایی مولدین، درصد افزایش وزن نیز افزایش یافت. روند صعودی مشابهی برای تمامی شاخص‌های رشد و تغذیه به ثبت رسید. در نهایت می‌توان بیان کرد که هر دو فاکتور بطور معنی‌داری شاخص‌های رشد و تغذیه (بجز افزایش طول کل و بقا) را تحت تاثیر قرارمی‌دهند. روند صعودی افزایش وزن در این پژوهش به‌ویژه در تیمارهای حاوی سطوح بالاتر اسیدهای چرب n-۳ به همراه ویتامین E، نشان دهده نقش مهم این ترکیبات در بهبود عملکرد رشد مولدین نر صبیتی است. یافته‌های حاضر با نتایج Ng و Wang در سال ۲۰۱۱ و Santiago و Reyes در سال ۱۹۹۳روی مولدین ماهی نیل تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) هم راستا هستند. آن‌ها گزارش کردند که شاخص‌های رشد در مولدین تغذیه شده با منابع مختلف چربی در زمان تولید

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

مثل به طور معنی داری افزایش یافته است. بر اساس گزارش Izquardo و همکاران در سال ۲۰۰۱ و تاثیر PUFA و ویتامین E بر عملکرد تولیدمثلی مولدین، اشاره شد که تامین مناسب این ترکیبات در جیره مولدین می‌تواند در عملکرد فیزیولوژیکی بدن مولدین نقش مهمی ایفا کند چون اسیدهای چرب EPA و DHA از طریق حمایت از سنتز هورمون‌های تولید مثلی و تکامل بافت‌های گنادی موجب بهبود کلی مولدین شده و احتمالاً به رشد مناسب و پایداری وزنی آن‌ها کمک می‌کند. در برخی مطالعات روند متفاوتی مشاهده شده است. برای مثال در مطالعه Caballero و همکاران در سال ۲۰۰۲ روی ماهی قزل‌آلای‌رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نتایج نشان داد که جایگزینی و استفاده از منابع مختلف چربی در جیره غذایی تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد از جمله وزن نهایی بدن و نرخ رشد ویژه ندارد. هم‌چنین مطالعه دیگری روی گربه ماهی نقره‌ای (*Rhamdia quelen*) نشان داد که رشد آن‌ها تحت تاثیر منابع مختلف چربی جیره قرار نگرفته است که این نشان می‌دهد انرژی متابولیک بدن بجای رشد، به سمت تولید مثل هدایت می‌شود (Bombardelli et al., 2024).

ماهیان مولد گونه‌های هرمافرودیت پروتاندروس (Protandrous hermaphrodite) دارای رشد نامحدودی هستند، بدین معنا که در طول عمر خود به‌جهت موفقیت در تولیدمثل می‌توانند دائماً به رشد خود ادامه دهند یعنی رشد سوماتیک در این مولدین، در طول مراحل تولیدمثلی و تغییر جنسیت نیز ادامه می‌یابد و حتی مولد می‌تواند بر زمان‌بندی تغییر جنسیت و موفقیت تولید مثلی خود تاثیر داشته باشد (Roberts *et al.*, 2021). در بررسی علل تفاوت بین نتایج رشد و تغذیه در این پژوهش و مطالعات ذکر شده می‌بایست به ویژگی زیستی گونه مورد مطالعه یعنی ماهی صبیتی اشاره کرد که یک گونه هرمافرودیت پروتاندروس محسوب می‌شود. این ویژگی زیستی باعث می‌شود که مسیرهای فیزیولوژیکی و متابولیکی مرتبط با رشد سوماتیک در مولدین این گونه با سایر گونه‌ها که از ابتدا به‌طور قطعی جنسیتشان مشخص است، متفاوت باشد. این تفاوت‌ها می‌تواند منجر به پاسخ‌های متفاوت نسبت به ترکیب چربی‌ها و ویتامین‌ها در جیره غذایی شود، چراکه در این گونه‌ها ممکن است بخشی از انرژی و مواد مغذی صرف نگهداری سیستم‌های جنسی دوگانه و تغییرات آتی شود. یعنی یک مولد با جنس نر برای تبدیل شدن به یک مولد با جنس ماده می‌بایست به رشد سوماتیک خود ادامه دهد یا بعبارت دیگر افزایش وزن سوماتیک همراه با رشد گنادیک داشته باشد. بنابراین عدم تطابق کامل نتایج رشد در این مطالعه با برخی از مطالعات پیشین که روی ماهیان کاملا نر یا کاملا ماده انجام شده قابل انتظار می‌باشد. بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه مشاهده شده در این پژوهش احتمالا تحت تاثیر همزمانی "سطوح مختلف اسیدهای چرب و ویتامین E" و "ویژگی زیستی خاص گونه" مورد مطالعه بوده است. بعبارت دیگر به نظر می‌رسد، چربی مناسب براساس کیفیت ترکیبات اسیدهای چرب غیراشباع در برهمکنش با ویتامین E می تواند بطور موثر بر شاخص‌های رشد و تغذیه مولدین نر ماهی صبیتی موثر باشد و رشد سوماتیک مولدین را تحت تاثیر قرار دهد. مطالعات نشان داده است که مازاد انرژی لازم برای رشد گنادیک در مولدین به سمت رشد سوماتیک سرریز می‌شود (Zakeri *et al*., 2009).

شاخص‌های احشایی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای و متابولیکی در ماهیان محسوب می‌شود. شاخص احشایی (VSI) بیانگر نسبت وزن احشا به وزن کل بدن است و تغییرات آن ارتباط نزدیکی با کیفیت جیره غذایی و ترکیب چربی‌های مصرفی دارد. جیره‌های غذایی متعادل به‌ویژه جیره‌های غذایی غنی از اسیدهای چرب بلند زنجیر سری n-۳ مانند EPA و DHA با بهبود کارآیی متابولیک و کاهش رسوب چربی اضافی در احشا موجب تعدیل VSI می‌شوند. درصورتی‌که مصرف نامتعادل چربی‌ها به‌ویژه اسیدهای چرب سری n-۶ می‌تواند افزایش چربی احشایی و بالا رفتن این شاخص را به‌دنبال داشته باشند (Fowler *et al*., 2020; Wang *et al*., 2021). شاخص کبدی (HSI) نیز بازتاب دهنده وضعیت ذخایر انرژی و متابولیسم چربی در کبد است. در جیره‌های حاوی PUFA و آنتی‌اکسیدان‌ها معمولا HSI در محدوده متعادل‌تری قرار می‌گیرد. زیرا این ترکیبات با کاهش لیپیدوز کبدی و بهبود فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو، از آسیب به سلول‌های کبدی جلوگیری می‌نماید (Izquierdo *et al*., 2001; Jia *et al*., 2017). از سوی دیگر شاخص گنادی (GSI) معیاری مستقیم از تکامل گنادی و توان تولید مثلی به‌شمار می‌رود و تحت تاثیر کیفیت تغذیه و کفایت اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌ها قرار دارد. اسیدهای چرب بلند زنجیر غیر اشباع سری n-۳ با ایفای نقش در سنتز هورمون‌های استروئیدی، ساخت غشاهای سلولی و اسپرماتوژنز، توسعه گنادی و افزایش GSI را تقویت می‌کنند

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

(Souza, 2010; Rombenso *et al*., 2017). نتایج بدست آمده در این پژوهش با نتایج Wang و همکاران در سال ۲۰۲۱ در خصوص کاهش لیپیدوز کبدی و بهبود بافت‌های کبدی با مصرف PUFA مطابقت دارد. هم‌چنین در مطالعه Jia و همکاران در سال ۲۰۱۷ روی ماهی توربوت (*Scophthalmus maximus*) و مطالعه Griesh و همکاران در سال ۲۰۲۴ روی ماهی هیبرید تیلاپیای قرمز، نقش آنتی‌اکسیدانی ویتامین E در مهار پراکسیداسیون چربی‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌های کبدی مشاهده می‌شود که از آسیب اکسیداتیو جلوگیری کرده و به تثبیت مقادیر HSI در مولدین کمک می‌کند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارند. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد تیمارهایی که حاوی اسیدهای چرب سری n-۳ بیش‌تری هستند، اثر مثبتی بر توسعه گنادها دارند که این‌ها به نقش کلیدی EPA و DHA در سنتز هورمون‌های استروئیدی، اسپرماتوژنز و ساخت غشای سلولی مرتبط می‌باشند (Izquierdo *et al*., 2001; Souza, 2010). بهبود شاخص VSI در تیمارهای حاوی اسیدهای چرب غیر اشباع سری n-۳ و ویتامین E بیش‌تر می‌تواند بیانگر آن باشدکه بخش بیش‌تری از انرژی دریافتی بجای رسوب چربی در احشا، به مسیرهای متابولیکی در رشد و تولید مثل هدایت می‌شوند (Fowler *et al*., 2020). در رابطه با شاخص‌های چربی محوطه شکمی و شاخص نسبی طول روده و نبودن تفاوت معنی دار بین تیمارها، احتمالاً به ویژگی‌های گونه‌ای ماهی صبیتی به‌عنوان یک هرمافرودیت پروتاندروس مرتبط باشد که مسیرهای متابولیکی آن در اولویت رشد سوماتیک و توسعه گنادها قرار دارد (Roberts *et al*., 2021). به‌طور کلی می‌توان بیان کرد تغذیه مناسب مولدین با ترکیب متعادل از اسیدهای چرب و آنتی‌اکسیدان ها مانند ویتامین E، از طریق بهبود وضعیت کبدی و احشایی و تقویت شاخص گنادی، نقش کلیدی در افزایش رشد و احتمالاً افزایش کیفیت تولیدمثل ایفا می‌کند و استفاده هم‌زمان از منابع چربی غنی از اسیدهای چرب و مکمل سازی با ویتامین E می‌تواند از طریق کاهش تجمع چربی در کبد، بهبود توسعه گنادی و هدایت بهینه انرژی در احشا، سبب ارتقای شاخص‌های رشد، تغذیه و احشایی شوند که همسو بودن این یافته‌ها با مطالعات پیشین در ارتقا سلامت بدنی و کارآیی تولید مثلی مولدین ماهیان دریایی را تایید می‌کند (Izquierdo *et al*., 2001; Butts *et al*., 2015; Wang *et al*., 2021). براساس نتایج این تحقیق می توان عنوان نمود که تیمار حاوی سطوح بالای PUFA بهمراه ویتامین E اثرات مثبت معنا داری بر شاخص های رشد و تغذیه ای ماهیان مولدین نر صبیتی دارد.

سپاسگزاری

از کارشناسان و مسئولان مرکز بازسازی ذخایر ماهیان دریایی بندر کلاهی جهت همکاری در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

References

Afkhami, M., Ahmadi, M.R., Salarzadeh, A., Ehsanpour, M. 2014. Comparative efficacy of two anesthetic agents in the Sobaity sea bream, Sparidentex hasta (Valenciennes 1830). *Comparative Clinical Pathology*. 23(4), pp. 841–846 (in Persian). https://doi.org/10.1007/s00580-013-1699-3

Alavi, S.M.H., Cosson, J. 2006. Sperm motility in fishes. (II) Effects of ions and osmolality: A review. *Journal of Cell Biology International*. 30(1), pp. 1–14. https://doi.org/10.1016/j.cellbi.2005.06.004

Andriawan, A.A., Maulana, M.H., Setia Budi, D., Agustono. 2023. Effect of Vitamin E Supplementation on the Growth Performance of *Clarias* Sp. *Journal of Aquaculture*. Science. 8(1), pp. 49–56. https://doi.org/10.31093/joas.v8i1.276

AOAC, (Association of Official Analytical Chemists International). 2005. Official methods of analysis. 18th ed. Maryland: AOAC INTERNATIONAL.

Asturiano, J.F., Sorbera, L.A., Carrillo, M., Zanuy, S., Ramos, J., Navarro, J.C., Bromage, N. 2001. Reproductive performance in male European sea bass *Dicentrarchus labrax*, L. fed two PUFA-

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

enriched experimental diets: a comparison with males fed a wet diet, Spain. *Journal of Aquaculture*. (194), pp. 173–190. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00515-9

Baeza, R., Mazzeo, I., Vilchez, M.C., Gallego, V., Penaranda, D.S., Perez, L., Asturiano, J.F. 2015. Relationship between sperm quality parameters and the fatty acid composition of the muscle, liver and testis of European eel. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: *Molecular and Integrative Physiology*. (181), pp. 79–86. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.11.022

Biswas, S.P. (1993). Manual of methods in fish biology. South Asian Publishers, ISBN: 8170031583, 9788170031581.

Bombardelli, R.A., Feihrmann, A.C., Goes, M.D., Carvalho, K.I.F.S., Da Silva, W.A., Garcez, J.R., Meurer, F., Cardoso, S.U., Wagner, R.L., Dos Reis Goes, E.S. 2024. Diets including l-carnitine and varying oil sources regulate liver and testes fatty acids profile and interfere with sperm production in silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Journal of Aquaculture*. 589(2), p. 740952. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740952

Brauge, C., Medale, F., Corraze, G. 1994. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. *Journal of Aquacultur.* (123), pp. 109–120. https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90123-6

Butts, I.A.E., Baeza, R., Stottrup, J.G., Kruger-Johnsen, M., Jacobsen, C., Perez, L., Asturiano, J.F., Tomkiewicz, J. 2015. Impact of dietary fatty acids on muscle composition, liver lipids, milt composition and sperm performance in European eel. *Journal of Comparative Biochemistry and Physiology* Part A: Molecular and Integrative Physiology. (183), pp. 87–96. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2015.01.015

Caballero, M.J., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., Izquierdo, M.S. 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Aquaculture*. (214), pp. 253–271. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00852-3

Caruso, G., Denaro, M.G., Caruso, R., Genovese, L., Mancari, F., Maricchiolo, G. 2012. Short fasting and refeeding in red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758): Response of some hematological, biochemical and nonspecific immune parameters. *Journal of Marine Environmental Research*. (81), pp. 18–25. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.07.003

Darias, M.J., Mazurais, D., Koumoundouros, G., Cahu, C.L., Zambonino-Infante, J.L. 2011. Overview of vitamin D and C requirements in fish and their influence on the skeletal system. *Journal of Aquaculture*. (315), pp. 49–60. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.12.030

El-Sayed, A.M., Izquierdo, M. 2022. The importance of vitamin E for farmed fish, a review. Reviews in *Journal of Aquaculture*. (14): 688–703. https://doi.org/10.1111/raq.12619

Fei, S., Liu, C., Xia, Y., Liu, H., Han, D., Jin, J., Yang, Y., Zhu, X., Xie, S. 2020. The effects of dietary linolenic acid to linoleic acid ratio on growth performance, tissues fatty acid profile and sex steroid hormone synthesis of yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Journal of Aquaculture Reports*. (17), p. 100361. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100361

Ferosekhan, S., Xu, H., Turkmen, S., Gomez, A., Afonso, J.M., Fontanillas, R., Rosenlund, G., Kaushik, S., Izquierdo, M. 2020. Reproductive performance of gilthead seabream (*Sparus aurata*) broodstock showing different expression of fatty acyl desaturase 2 and fed two dietary fatty acid profiles. *Journal of Scientific Reports*. (10), p. 15547. https://doi.org/10.1038/s41598-020-72166-5

Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. (226): 497–509. https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

Fowler, L.A., Dennis-Cornelius, L.N., Dawson, J.A., Barry, R.J., Davis, J.L., Powell, M.L., Yuan, Y., Williams, M.B., Makowsky, R., D'Abramo, L.R., Watts, S.A. 2020. Both Dietary Ratio of n–6 to n–3 Fatty Acids and Total Dietary Lipid Are Positively Associated with Adiposity and Reproductive Health in Zebrafish. *Current Developments in Nutrition 4: nzaa* (034). https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa034

Gaylord, T.G., Rawles, S.D., Gatlin, D.M. 1998. Re-evaluation of vitamin E supplementation of practical diets for channel catfish, *Ictalurus punctatus*, production. *Journal of Aquaculture Nutrition*. (4), pp. 109–114. https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1998.00054.x

Glencross, B.D. 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. Reviews in *Journal of Aquaculture*. (1), pp. 71–124. https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2009.01006.x

Griesh, A.Sh., El-Nahla, A.M., Aly, S.M., Badran, M.F. 2024. Role of Vitamin E Supplementation on the Reproductive and Growth Performance, Hormonal Profile and Biochemical Parameters of Female Hybrid Red Tilapia. *Journal of Marine Sciences Thalassas*. (40), pp. 1169–1178. https://doi.org/10.1007/s41208-024-00683-5

Hanaee Kashani Z., Imanpoor, M.R., Shabani, A., Gorgin, S. 2012. Long-Term Effects and Interactions of Different Levels of Dietary Vitamin C and E and Highly Unsaturated Fatty Acid on Sperm Parameters in Goldfish (*Carassius auratus gibelio*). *Journal of Research and Development.* (3), p. 4 (in Persian). https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000135

Henrotte, E., Kaspar, V., Rodina, M., Psenicka, M., Linhart, O., Kestemont, P. 2010. Dietary n-3/n-6 ratio affects the biochemical composition of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) semen but not indicators of sperm quality: Effect of n-3/n-6 ratio on semen quality. *Journal of Aquaculture Research.* (41), pp. e31–e38. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02452.x

Hernandez de-Dios, M.A., Tovar-Ramirez, D., Maldonado Garcia, D., Galaviz-Espinoza, M.A., Spanopoulos Zarco, M., Maldonado-Garcia, M.C. 2022. Functional Additives as a Boost to Reproductive Performance in Marine Fish, a Review. *Journal of Fishes*. (7), p. 262. https://doi.org/10.3390/fishes7050262

Izquierdo, M.S., Fernandez-Palacios, H., Tacon, A.G.J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish, *Journal of Aquaculture*. (197), pp. 25-42 https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00581-6

Izquierdo, M.S., Turkmen, S., Montero, D., Zamorano, M.J., Afonso, J.M., Karalazos, V., Fernández-Palacios, H. 2015. Nutritional programming through broodstock diets to improve utilization of very low fishmeal and fish oil diets in gilthead sea bream, *Journal of Aquaculture*. (449), pp. 18–26. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.03.032

Jia, Y., Jing, Q., Niu, H., Huang, B. 2017. Ameliorative effect of vitamin E on hepatic oxidative stress and hypoimmunity induced by high-fat diet in turbot (*Scophthalmus maximus), Journal of Fish and Shellfish Immunology*. (67), pp. 634–642. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.06.056

Koprucu, K., Yonar, M.E., Ozcan, S. 2015. Effect of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids on antioxidant defense and sperm quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under regular stripping conditions. *Journal of Animal Reproduction Science*. (163), pp. 135–143. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.10.008

Kumar, M., Gupta, G., Vikas, Sharma, S. 2018. Role of broodstock nutrition on fish reproductive performance. *Aquastarmagazine*. Article (3), pp. 24-26. https://www.researchgate.net/publication/327573872

Lozano, A.R., Borges, P., Robaina, L., Betancor, M., Hernandez-Cruz, C.M., Garcia, J.R., Caballero, M.J., Vergara, J.M., Izquierdo, M. 2017. Effect of different dietary vitamin E levels on growth, fish

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

composition, fillet quality and liver histology of meagre (*Argyrosomus regius*). *Journal of Aquaculture*. (468), pp. 175–183. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.10.006

Mansour, N., Lahnsteiner, F., McNiven, M.A., Richardson, G.F., Pelletier, C.S. 2011. Relationship between fertility and fatty acid profile of sperm and eggs in Arctic char, *Salvelinus alpinus*. *Journal of Aquaculture*. (318), pp. 371–378. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.023

Mirabet, P.S., Felip, A., Estensoro, I., Martos-Sitcha, J.A., De Las Heras, V., Calduch-Giner, J., Puyalto, M., Karalazos, V., Sitja-Bobadilla, A., Perez-Sanchez, J. 2018. Impact of low fish meal and fish oil diets on the performance, sex steroid profile and male-female sex reversal of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) over a three-year production cycle. *Journal of Aquaculture*. (490), pp. 64–74. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.025

Ng, W.K. and Wang, Y. 2011. Inclusion of crude palm oil in the broodstock diets of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, resulted in enhanced reproductive performance compared to broodfish fed diets with added fish oil or linseed oil. *Journal of Aquaculture*. (314), pp. 122–131. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.034

NRC. 1983. Nutrient Requirement of Warm Water Fishes and Shell Fishes. National Research Council Press, Washington, DC, 102 p.

Pandey, A. 2022. Role of Broodstock Nutrition and its Impacts on Fish Reproductive Output. *Journal of Agricultural Reviews*. R(2464): 1-6 https://doi.org/10.18805/ag.R-2464

Peng, S., Chen, L., Qin, J.G., Hou, J., Yu, N., Long, Z., Li, E., Ye, J. 2009. Effects of dietary vitamin E supplementation on growth performance, lipid peroxidation and tissue fatty acid composition of black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*) fed oxidized fish oil. *Journal of Aquaculture Nutrition.* (15), pp. 329–337. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00657.x

Roberts, B.H., Morrongiello, J.R., Morgan, D.L., King, A.J., Saunders, T.M., Crook, D.A. 2021. Faster juvenile growth promotes earlier sex change in a protandrous hermaphrodite (barramundi *Lates calcarifer*). *Journal of Nature Reaserch*. (11), p. 2276. https://doi.org/10.1038/s41598-021-81727-1

Rombenso, A., Cruz-Suarez, L.E., Ricque Marie, D., Tapia Salazar, M., Nieto-Lopez, M.G., Villarreal Cavazos, D. A., Gamboa Delgado, J., Lopez Acuna, L.M. y Galaviz Espinoza, M. 2017. Lipidos alternativos en la nutricion de peces marinos. Investigacion Desarrollo en Nutricion Acuicola Universidad Autonoma de Nuevo Leon, San Nicolas de los Garza, Nuevo Leon, Mexico. pp. 171-179 https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/download/12/12/22

Santiago, C.B., Reyes, O.S. 1993. Effects of dietary lipid source on reproductive performance and tissue lipid levels of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) broodstock. *Journal of Appl Ichthyol.* (9), pp. 33–40. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1993.tb00385.x

Scabini, V., Fernandez-Palacios, H., Robaina, L., Kalinowski, T., Izquierdo, M.S. 2011. Reproductive performance of gilthead seabream (*Sparus aurata* L., 1758) fed two combined levels of carotenoids from paprika oleoresin and essential fatty acids: Reproductive performance of gilthead seabream. *Journal of Aquaculture Nutrition*. (17), pp. 304–312. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00766.x

Singh, S.K., Baidya, S., Das, P., Biswas, P. 2021. *Functional Role of Dietary Supplements on Reproductive Physiology of Fishes*. In book: Recent updates in molecular Endocrinology and Reproductive Physiology of Fish, *Springer*, Singapore. Pp. 243-258. 10.1007/978-981-15-8369-8_17

Souza, S.M.G.D. 2010. Review: Essential fatty acids: importance of fish oils and aquaculture. Brazilian *Journal of Food Technology*. (13): 189–196. https://doi.org/10.4260/BJFT2010130300025

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

Teng, S.K., El-Zahr, C., Al-Abdul-Elah, K., Almatar, S. 1999. Pilot-scale spawning and fry production of blue-fin porgy, *Sparidentex hasta* Valenciennes, in Kuwait. *Journal of Aquaculture*. (178), pp. 27-41. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00039-3

Tian, J.J., Lei, C.X., Ji, H. 2016. Influence of dietary linoleic acid (18:2n-6) and α-linolenic acid (18:3n-3) ratio on fatty acid composition of different tissues in freshwater fish Songpu mirror carp, *Cyprinus Carpio*. *Journal of Aquaculture Research*. (47), pp. 3811–3825. https://doi.org/10.1111/are.12832

Utomo, N.B.P., Nurjanah, N., Setiawati, M. 2007. Effect of Feeding Diet Containing Different Dose of Vitamin E with 1:2 of n-3/n-6 Fatty Acid Content on Reproductive Performance of Female Zebrafish *Danio rerio, Journal of Aquaculture Indonesia*. 5(1), pp. 31-39 https://doi.org/10.19027/jai.5.31-39

Wang, T., Jiang, D., Shi, H., Mustapha, U.F., Deng, S., Liu, Z., Li, W., Chen, H., Zhu, C., Li, G. 2021. Liver Transcriptomic Analysis of the Effects of Dietary Fish Oil Revealed a Regulated Expression Pattern of Genes in Adult Female Spotted Scat (*Scatophagus argus*). *Journal of Frontiers in Marine Science.* (8), p. 784845. https://doi.org/10.3389/fmars.2021.784845

Yonar, S.M., Koprucu, K., Ozcan, S. 2020. Dietary profile of n-3 series LC-PUFAs in rainbow trout under regular stripping condition: Semen production and quality, hepatosomatic index, haematoimmunologic values, oxidative stress and fatty acid composition of liver, muscle and semen. *Journal of Aquaculture Research*. (51), pp. 370–378. https://doi.org/10.1111/are.14384

Zakeri, M., Kochanian, P., Marammazi, J.G., Yavari, V., Savari, A., Haghi, M. 2011. Effects of dietary n-3 HUFA concentrations on spawning performance and fatty acids composition of broodstock, eggs and larvae in yellowfin sea bream, *Acanthopagrus latus*. *Journal of Aquaculture*. (310), pp. 388–394. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.11.009

Zakeri, M., Marammazi, J.G., Kochanian, P., Savari, A., Yavari, V., Haghi, M. 2009. Effects of protein and lipid concentrations in broodstock diets on growth, spawning performance and egg quality of yellowfin sea bream (*Acanthopagrus latus*). *Journal of Aquaculture*. (295), pp. 99–105. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.06.026

Zhou, J., Feng, P., Li, Y., Ji, H., Gisbert, E. 2022. Effects of Dietary Lipid Levels on Growth and Gonad Development of *Onychostoma macrolepis* Broodfish. *Journal of Fishes*. (7), p. 291. https://doi.org/10.3390/fishes7050291

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]