مقاله علمی – پژوهشی:

اثر سطوح ویتامین E جیره غذایی بر عملکرد تولید مثل ماهی ماده شانک زردباله عربی (*Acanthopagrus arabicus*)

مجتبی ذبایح نجف آبادی[۱]، حمید محمدی آذرم*[۱]، منصور طرفی موزان زاده[۲]، علی شهریاری[۳]

*azarmhamid@gmail.com

۱ – گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
۲ – پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
۳ – گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۳

چکیده

در این مطالعه اثرات ویتامین E بر عملکرد تولیدمثلی ماهیان ماده‌ی شانک زرد باله عربی (*Acanthopagrus arabicus*) مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، به جیره پایه (۵۰ درصد پروتئین خام، ۱۸ درصد چربی خام) سطوح مختلف ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم غذا اضافه شد. بنابراین، ۲۹۴ پیش مولد در ۲۱ مخزن پلی اتیلن استوانه‌ای با حجم ۱/۵ مترمکعب (۱۴ ماهی در هر مخزن) حاوی ۱/۲ متر مکعب آب دریا با شوری ۴۰/۲ گرم در لیتر، به نسبت جنسی ۱:۱ (نر: ماده) نگهداری شدند. ماهی‌ها دو بار در روز با جیره‌های آزمایشی، در طول مدت ۱۳۵ روز تغذیه شدند. نتایج نشان داد که مکمل ویتامین E بر شاخص‌های رشد در مولدین ماده *A. arabicus* تاثیری نداشت. شاخص‌های تولیدمثلی شامل نرخ تخم ریزی، درصد لقاح، تخم گشایی و زنده‌مانی لارو در مولدین تغذیه شده با سطح ۲۵۰ میلی گرم ویتامین E در کیلوگرم غذا افزایش یافت ($P<0/05$) درحالی‌که ناهنجاری جنین کاهش یافت. بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، افزودن ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم جیره غذایی برای بهبود عملکرد تولیدمثلی مانند درصد لقاح و تخم گشایی، نرخ تخم ریزی و زنده‌مانی لارو، در مولدهای ماده ماهی شانک زرد باله عربی توصیه می‌شود.

لغات کلیدی: ویتامین E، شانک زرد باله عربی، تولید مثل، لقاح، زنده‌مانی لارو

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

ویتامین E متشکل از یک گروه مولکول‌های محلول در چربی است که دارای جذب و انتقال انتخابی به‌وسیله سلول است و زیست‌فعال‌ترین فرم مولکولی آن آلفا-توکوفرول است. همچنین از اجزاء مهم ساختاری غشاءهای سلولی است که دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی است و نقش بسیار مهمی در فرآیندهای زیستی متنوع ایفاء می‌کند (El-Sayed and Izquierdo, 2022). در آبزی‌پروری این ویتامین نقش حیاتی در افزایش رشد و کارایی تغذیه، ارتقاء شرایط سلامت، تنظیم سیستم ایمنی، متابولیسم سلنیوم، بهبود تولید مثل، تکامل و دگردیسی لارو ماهی و میگو دارد (Hamre, 2011; NRC, 2011). بنابراین، در تمامی گونه‌های مطالعه شده ماهی و میگو این ویتامین به جیره غذایی افزوده می‌شود. ویتامین E نقش بسیار مهمی در حفاظت آنتی‌اکسیدانی در ماهیان ایفاء می‌کند، زیرا ماهیان غنی از اسیدهای چرب بلند زنجیره چند غیر اشباع هستند که بسیار به اکسیداسیون حساس هستند (El-Sayed and Izquierdo, 2022). اکسیداسیون این اسیدهای چرب در ماهیان سبب تشکیل مواد و رادیکال‌های سمی اولیه و ثانویه در بدن می‌شود که می‌تواند طیف وسیعی از مشکلات سلامت را ایجاد کند. این عوامل سبب استرس اکسیداتیو، کاهش سرعت رشد، سرکوب واکنش‌های ایمنی، کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی و اختلال در تولید مثل می‌شود (Hamre, 2011; El-Sayed and Izquierdo, 2022).

در زمان تکامل گنادها و بلوغ جنسی در ماهیان، نرخ متابولیسم در این بافت‌ها به‌سرعت افزایش می‌یابد که منجر به شکل‌گیری مقدار زیادی رادیکال‌های آزاد می‌شود (Fernández-Palacios *et al.*, 1998; Izquierdo *et al.*, 2001). مطالعات بر ماهیان مختلف نشان داده است، استفاده از سطوح بالای ویتامین E در جیره غذایی ماهیان سبب کاهش بدشکلی لاروها، بهبود هماوری، بهبود کیفیت و تکامل لارو و افزایش مقاومت آنتی اکسیدانی در تخم‌ها می‌گردد (Nascimento *et al.*, 2014; Erdogan and Erslan, 2019). همچنین کمبود ویتامین E در جیره غذایی مولدین ماده ممکن است منجر به ایجاد گنادهای نابالغ، کاهش لقاح تخم، کاهش تخم‌گشایی، افزایش مرگ‌ومیر و بدشکلی در لاروهای تولید شده گردد (Miller *et al.*, 2012; McDougall *et al.*, 2017). در ماهیان مختلف، طی فرآیند زرده سازی، لیپوپروتئین‌ها ویتامین E را از بافت‌های ناحیه احشایی به تخمدان‌ها منتقل می‌کنند (Lie *et al.*, 1993; Hemre *et al.*, 1994; Tokuda et *al.*, 2000; Huang *et al.*, 2019). در کفشک ماهی ژاپنی (*Paralychthys olivaceus*) افزودن مکمل ویتامین E به میزان ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره غذایی سبب افزایش زرده‌سازی، انتقال و ذخیره این ویتامین در تخمدان‌ها می‌شود (Tokuda *et al.*, 2000). علاوه‌براین، افزودن ویتامین E به جیره غذایی ماهی توربوت (*Scophthalmus maximus*) سبب تحریک سنتز و ترشح هورمون‌های جنسی هورمون تحریک کننده فولیکول FSH[1] و هورمون لوتئینی کننده LH[2] شده است (Huang *et al.*, 2019).

شانک زرد باله عربی (*Acanthopagrus arabicus*)، گونه‌ای گوشت‌خوار از خانواده شانک ماهیان (Sparidae) است و به عنوان کاندیدای مهم برای توسعه پرورش ماهی در قفس سواحل جنوبی ایران مطرح است. این گونه ویژگی‌های مناسبی برای تکثیر و پرورش دارد که شامل تخم‌ریزی طبیعی، هماوری و بقای بالای لارو، رشد و ضریب تبدیل غذایی مناسب و تحمل بالا نسبت به شرایط محیطی است (Torfi Mozanzadeh *et al.*, 2021). اطلاعات در مورد نیازهای ویتامینی این گونه به‌خصوص در مولدین ناکافی است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات مکمل ویتامین E بر کارایی این گونه اجرا شد.

مواد و روش کار

این تحقیق در سالن تکثیر شیلات خوزستان واقع در سایت ایستگاه تحقیقات ماهیان دریایی بندر امام خمینی (ره) به مدت پنج ماه انجام گرفت از دی ماه ۱۳۹۸ لغایت اردیبهشت ۱۳۹۹. ابتدا صیادان با روش صید قلاب پیش مولدین ۲-۱ ساله را از اواسط آبان ماه در منطقه صیدگاهی خورموسی صید کردند. سپس به مدت ۱ ساعت با آب

[1] Follicle-stimulating hormone
[2] Luteinizing hormone

شیرین حمام داده شده و به مدت دو هفته قرنطینه شدند. مولدین *A. arabicus* در دو مخزن بتنی ۱۰ مترمکعبی با تراکم ۱۰ ماهی در مترمکعب ذخیره شدند. مخازن با آب فیلتر شده و ضد عفونی شده دریا (شوری ۴۰/۲ گرم در لیتر و دمای ۲۰-۱۸ درجه سانتی‌گراد) در یک سیستم جریان‌دار (۵ لیتر در دقیقه) نگهداری شدند. طی دو هفته قرنطینه، پیش مولدین با ماهیان دورریز خرد شده تغذیه شدند. سازگاری ماهیان به شرایط اسارت به مدت یک ماه قبل از شروع تغذیه با جیره‌های آزمایشی انجام شد و در این مدت با خوراک پلت شده تجاری (۴۲ درصد پروتئین خام، ۱۵ درصد چربی خام) تغذیه شدند.

هفت جیره غذایی با افزودن ویتامین E (DL-α-tocopherolacetate, Sigma, Germany) در سطوح ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا ساخته شد (جدول ۱).

جدول ۱: اقلام و تجزیه‌وتحلیل تقریبی جیره‌های آزمایشی

Table 1: Ingredients and proximate composition of the experimental diets

Ingredients (g kg^{-1})[1]	Vitamin E						
	0	**25**	**50**	**100**	**250**	**500**	**1000**
Fish meal	425	425	425	425	425	425	425
Soybean meal	145	145	145	145	145	145	145
Wheat gluten meal	130	130	130	130	130	130	130
Corn gluten meal	130	130	130	130	130	130	130
Beef gelatin	20	20	20	20	20	20	20
Wheat middling	45	44.95	44.9	44.8	44.5	44	43
Vitamin E[2]	-	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0
Fish oil	36	36	36	36	36	36	36
Sunflower oil	18	18	18	18	18	18	18
Canola oil	18	18	18	18	18	18	18
Soy lecithin	10	10	10	10	10	10	10
DL-methionine	3	3	3	3	3	3	3
L-lysine	5	5	5	5	5	5	5
Vitamin E free premix[3]	5	5	5	5	5	5	5
Butyric acid	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Vitamin C	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Di-calcium phosphate	5	5	5	5	5	5	5
Proximate composition (g/kg)							
Crude protein	508.5	498.8	502.2	511.3	506.7	500.6	506.4
Crude lipid	175.8	185.2	182.5	173.5	181.1	182.3	181.8
Ash	98.8	96.6	97.7	96.5	95.5	89.8	94.5
Moisture	85.5	78.6	82.6	79.8	83.5	79.5	80.4

[1] ترکیب اقلام غذایی : پودر ماهی (۶۲۰ گرم بر کیلوگرم پروتئین خام و ۱۵۰ گرم بر کیلوگرم چربی)، کنجاله سویا (۴۱۰ گرم بر کیلوگرم پروتئین خام و ۴۲ گرم بر کیلوگرم چربی)، گلوتن گندم (۵۰۰ گرم بر کیلوگرم پروتئین خام و ۴۰ گرم بر کیلوگرم چربی)، گلوتن ذرت (۷۱۴ گرم بر کیلوگرم پروتئین خام و ۴۱ گرم بر کیلوگرم چربی)، ژلاتین گاوی (۸۵۰ گرم بر کیلوگرم پروتئین خام و ۴۲ گرم بر کیلوگرم چربی) و آرد گندم (۱۲۰ گرم بر کیلوگرم پروتئین خام و ۳۰ گرم بر کیلوگرم چربی). [2] میلی گرم بر کیلوگرم پریمیکس شرکت سیگما شامل: ویتامین A (۵۰۰۰۰ واحد بین المللی بر کیلوگرم)، ویتامین D3 (۱۰۰۰۰ واحد بین المللی بر کیلوگرم)، ویتامین B1 (۲۰)، ویتامین B2 (۱۰)، ویتامین B6 (۳)، ویتامین K3 (۱۵)، نیکوتینامید (۱۵۰)، کلسیم پانتوتنات (۴۰)، مس (۳۰)، آهن (۱۰۰)، روی (۱۵۰)، منگنز (۲۰۰).

[1]Composition of ingredients [fish meal (620 g kg^{-1} crude protein, 150 g kg^{-1} crude lipid), soybean meal (410 g kg^{-1} crude protein, 42 g kg^{-1} crude lipid), wheat gluten meal (500 g kg^{-1} crude protein, 40 g kg^{-1} crude lipid), corn gluten meal (714 g kg^{-1} crude protein, 41 g kg^{-1} crude lipid), beef gelatin (850 g kg^{-1} crude protein, 42 g kg^{-1} crude lipid), wheat middling (120 g kg^{-1} crude protein, 30 g kg^{-1} crude lipid).

[2]Sigma Chemical Co., Steinheim, Germany. [3]Included: (as mg kg^{-1} of premix): vitamin A, 50,000 (IU kg^{-1}); vitamin D3, 10,000 (IU kg^{-1}); vitamin B1, 20; vitamin B2, 10; vitamin B 6, 3; vitamin K3, 15; nicotinamide, 150; calcium pantothenate, 40; Copper (Cu^{++}), 30; iron (Fe^{++}), 100; zinc (Zn^{++}), 150; manganese (Mn^{++}), 200.

منابع پروتئین در جیره پایه شامل پودر ماهی، پودر سویا، گلوتن گندم و ذرت و منابع چربی شامل روغن‌های ماهی، آفتابگردان و کانولا بودند. جنسیت مولدین با فشار خفیف بر شکم ماهیان نر و استفاده از سوند برای ماده‌ها مشخص شد. مولدین نر دارای اسپرم روان و رسیدگی ماهیان ماده بین مراحل III (۳۵۰-۴۰۰ میکرومتر) و IV (۴۰۰-۵۰۰ میکرومتر) قرار داشت. زیست‌سنجی ۲۹۴ ماهی مولد ماده انجام شد و در ۲۱ مخزن پلی اتیلنی یک ونیم متر مکعبی به تعداد ۱۴ عدد ماهی در هر مخزن ذخیره‌سازی شدند. نسبت جنسی نر و ماده ۱ به ۱ بود. مخازن با آب دریای ضد عفونی شده به میزان ۱۲۰۰ لیتر پر شد و روزانه ۱۰۰ درصد آب در سیستم جریان‌دار تعویض شد. پیش مولدین ماده به مدت ۶۰ روز قبل از شروع فصل تکثیر و ۷۵ روز در فصل تکثیر (ابتدای اسفند ماه لغایت اواسط اردیبهشت ماه)، با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. مولدین با جیره‌های غذایی آزمایشی تا حد سیری دوبار (۹ صبح و ۳ بعداز ظهر) در روز به مولدین تغذیه شدند. در دوره پرورش مقدار پارامترهای کیفی آب از جمله دما: ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد، شوری: ۴۱-۴۰ قسمت در هزار pH ۸.۲-۷.۵ و اکسیژن محلول: ۲/۸-۶/۶ میلی‌گرم در لیتر بود و دوره نوری قبل از تکثیر ۱۰ ساعت روشنایی و در دوره تخم ریزی ۱۱ ساعت روشنایی بود (Zakeri *et al.*, 2009).

تکثیر مولدین به طور طبیعی در دمای ۱۹ درجه سانتی‌گراد رخ داد. برای جمع‌آوری تخم‌های رها شده در آب، ورودی آب در ساعت ۶ بعد از ظهر قطع شد، سپس در ساعت ۰۸: ۰۰ صبح تخم‌های شناور به‌وسیله یک توری قیفی (۳۰۰ میکرومتر) جمع‌آوری شدند. تخم‌های جمع‌آوری شده با آب دریا شستشو و با یک استوانه یک‌لیتری تخم‌های رسوبی و شناور جدا شدند. برای ارزیابی میزان لقاح، سه نمونه از ۱۰۰ تخمک شناور نمونه برداری شد و با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی (×۴۰) بررسی شد. برای ارزیابی میزان تخم‌گشایی، ۳ نمونه از ۱۰۰ تخم لقاح یافته به ۳ بشر پلاستیکی ۱ لیتری حاوی آب دریا و هوادهی ملایم منتقل شدند. تخم‌های بارور شده پس از ۳۰-۲۰ ساعت از تخم خارج شدند. این روش‌های نمونه‌برداری به مدت ۳ روز برای هر تکرار، در مجموع ۲۷ نمونه برای هر تیمار انجام شد. از فرمول‌های ذیل برای تعیین میزان تخم‌ریزی، لقاح و سایر شاخص‌های وضعیت استفاده شد (Saffari *et al.*, 2021). در خاتمه آزمایش تغذیه، وزن و طول مولدهای نر و ماده به صورت جداگانه بررسی شد:

۱۰۰× (تعداد کل تخمک انکوبه شده/ تعداد کل تخمک با تقسیم سلولی)=نرخ لقاح
۱۰۰× (تعداد کل تخم‌های تخم‌ریزی شده / تعداد کل تخم‌های تخم گشایی شده) = نرخ تخم گشایی
۱۰۰× (طول استاندارد(سانتی متر) ^{۳}/ وزن نهایی(گرم)) = شاخص وضعیت فولتون یا ضریب چاقی
۱۰۰× (وزن نهایی بدن(گرم)/ وزن کبد(گرم)) = شاخص کبدی
۱۰۰× (وزن نهایی بدن(گرم)/ وزن گناد(گرم)) = شاخص گنادی
۱۰۰× (وزن نهایی بدن(گرم)/ وزن احشا(گرم)) = شاخص احشایی

شاخص وضعیت داده‌ها براساس میانگین و خطای استاندارد آورده شده‌اند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳.۰ تجزیه و تحلیل شد. برای ارزیابی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و لوون استفاده شد. علاوه‌براین، آنالیز واریانس یک‌طرفه و پس آزمون دانکن برای ارزیابی اثرات ویتامین E جیره بر پاسخ‌های تولید مثلی انجام شد. همچنین برای بررسی نوع پاسخ رگرسیونی بین شاخص‌های تولید مثلی و سطح ویتامین E در جیره غذایی از آزمون آماری orthogonal polynomial regression استفاده شد.

نتایج

غلظت‌های مختلف ویتامین E در جیره غذایی اثری بر وزن نهایی، وضعیت فولتون (ضریب چاقی)، شاخص کبدی، شاخص احشایی و گنادی مولدین ماده نداشت (جدول ۲).

جدول ۲: شاخص‌های رشد مولدین ماده *A. arabicus* تغذیه شده با غلظت‌های مختلف ویتامین E جیره غذایی (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 2: Somatic indices of *A. arabicus* females fed different dietary vitamin E concentrations (Mean ± pooled SE, n=3)

Parameters	Dietary Vitamin E supplementation level								*P*-value		
	Control	25	50	100	250	500	1000	Pooled SE	ANOVA	Linear	Quadratic
Female BW_i (g)	327.4	323.8	317.0	332.0	323.4	324.2	322.6	2.0	0.333	0.163	0.186
Female BW_f (g)	369.0	365.0	351.6	348.8	342.6	366.5	355.0	11.0	0.916	0.635	0.488
HSI (%)	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	0.0	0.901	0.342	0.705
VSI (%)	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0.1	0.901	0.662	0.852
GSI (%)	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	0.1	0.900	0.952	0.902
K (%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.545	0.509	0.696
Survival (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	1.000	1.000	1.000

کوته‌نوشت: HSI : شاخص کبدی، VSI: شاخص احشایی، GSI: شاخص گنادی، K: فاکتور وضعیت

Abbreviations: HSI: hepatosomatic index; VSI: viscerosomatic index; GSI: gonadosomatic index; K: Fulton's condition factor.

مولدین ماده تغذیه شده با جیره حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم غذا دارای بیشترین میزان هماوری نسبی بودند (جدول ۳). مدت زمان تخم‌ریزی در مولدین تغذیه شده با جیره‌های ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم غذا طولانی‌تر از سایر تیمارها بود (P<۰/۰۵). بیشترین میزان درصد لقاح در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم غذا بود درحالی‌که تیمار شاهد دارای کمترین درصد لقاح بود (P<۰/۰۵). بیشترین میزان تخم‌گشایی و بازماندگی لارو ۳ روزه در تیمار ۲۵۰ میلی گرم ویتامین E در کیلوگرم غذا بود. کمترین میزان ناهنجاری در مراحل جنینی در تیمار تغذیه شده با جیره ۵۰ ویتامین E در کیلوگرم غذا بود. رابطه بین شاخص‌های درصد لقاح، تخم گشایی و بازماندگی لارو با غلظت ویتامین E در جیرهی غذایی به صورت پاسخ کوادراتیک بود.

جدول ۳: شاخص‌های تولید مثلی مولدین ماده *A. arabicus* تغذیه شده با غلظت‌های مختلف ویتامین E جیره غذایی (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 3: Reproductive performance of *A. arabicus* females fed different dietary vitamin E levels (Mean ± SE, n=3)

Parameters	Control	25	50	100	250	500	1000	Pooled SE	ANOVA	Linear	Quadratic
Relative fecundity ($\times10^3$, eggs kg^{-1} female)	130.4^{e}	175.9^{b}	158.4^{c}	140.9^{d}	183.2^{a}	151.2^{c}	173.2^{b}	5.7	0.052	0.243	0.480
Spawning period (day)	25.5^{b}	25.5^{b}	25.5^{b}	27.0^{a}	26.5^{a}	25.5^{b}	25.5^{b}	0.2	0.004	0.446	0.385
Fertilization rate (%)	38.7^{b}	43.0^{ab}	44.4^{ab}	46.1^{ab}	62.2^{a}	42.9^{ab}	47.2^{ab}	3.4	0.002	0.706	0.004
Hatching rate (%)	53.3^{c}	56.5^{c}	56.1^{c}	55.8^{c}	74.3^{a}	65.2^{b}	56.4^{c}	1.9	0.002	0.688	0.002
Abnormal embryogenesis (%)	6.7^{b}	5.0^{ab}	4.3^{a}	5.0^{ab}	5.7^{ab}	6.7^{b}	6.3^{ab}	0.2	0.036	0.087	0.207
Survival rate at 3 DPH larvae (%)	49.4^{bc}	48.0^{bc}	43.7^{c}	51.1^{bc}	67.2^{a}	58.1^{b}	47.9^{bc}	1.9	0.008	0.575	0.001

میانگین‌ها در هر ردیف با حروف متفاوت به طور معنی‌داری متفاوت هستند (P<۰/۰۵)

Means in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05)

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد، بر خلاف شاخص‌های رشد، مکمل ویتامین E به طور معنی‌داری بر عملکرد تولید مثل مولدین ماده *A. arabicus* اثرگذار بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد، مکمل ویتامین E اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد مولدین نداشته است که ممکن است به دلیل انتقال انرژی و مواد مغذی برای توسعه گنادی، بلوغ و تولید گامت‌ها باشد که سبب شده است که مولدین انرژی کمتری را صرف رشد سوماتیک در طول فصل تولید مثل داشته باشند (Safari *et al.*, 2021). با وجود این، سایر تحقیقات بر ماهیان تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Zhang *et al.*, 2021) و ماهی سچلاید (*Pseudotropheus socolofi*) (Erdogan and Arslan, 2019) نشان داد که افزودن ویتامین E به جیره غذایی سبب افزایش رشد مولدین در فصل تولید مثل می‌شود.

ویتامین E نقش بسیار مهمی در سنتز هورمون‌های جنسی در حیوانات دارد و می‌تواند سبب افزایش گرانول‌های زرده در تخمدان‌ها و توسعه گنادی در ماهیان شود. در مطالعه حاضر، افزودن ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین E در جیره غذایی ماهی ماده *A. arabicus* سبب افزایش هماوری، مدت زمان تخم‌ریزی، افزایش لقاح، تخم گشایی، کاهش نقص در مراحل جنینی و افزایش بازماندگی در این گونه شد. در این زمینه گزارش شده است که افزودن ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین E در جیره غذایی مار ماهی تالابی (*Monopterus albus*) سبب افزایش توسعه گنادی، افزایش تخم‌ریزی و تخم گشایی می‌گردد (Zhang *et al.*, 2007). همچنین نتیجه مطالعه بر یک گونه سیچلاید (*Pseudotropheus socolofi*) نشان داد که افزودن ویتامین E در سطح ۲۱۹/۳ میلی گرم در کیلوگرم سبب افزایش قطر تخم، هماوری، تعدد تخم‌ریزی، لقاح، تخم گشایی و افزایش بازماندگی لارو می‌شود (Erdogan and Arslan, 2019). این نویسندگان تأکید کردند که سطح مورد نیاز ویتامین E در جیره غذایی به مقدار چربی جیره به‌خصوص میزان اسیدهای چرب بلند زنجیره موجود در آن وابسته است به‌طوری‌که با افزایش مقدار چربی یا اسیدهای چرب بلند زنجیره در جیره غذایی، نیاز به ویتامین E افزایش می‌یابد. برای مثال، در ماهی سیم سر طلا (*Sparus aurata*) افزودن ۲۰۲۰ میلی گرم ویتامین E در جیره غذایی حاوی ۱۴ گرم اسیدهای بلند زنجیره چند غیر اشباع منجر به افزایش سطح این ویتامین در تخم‌ها شد (Izquierdo *et al.*, 2001). در ماهی تیلاپیای نیل افزودن ویتامین E در سطح ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم سبب افزایش هماوری، تعدد تخم‌ریزی، تخم‌گشایی، تولید و بازماندگی لارو شد، اما درصد لقاح و قطر و وزن تخم تحت تأثیر ویتامین E قرار نگرفت (Nascimento *et al.*, 2014). بنابراین، مطالعات نشان می‌دهند که افزودن ویتامین E به جیره غذایی ماهیان به‌ویژه در سطوح مناسب، تأثیرات مثبتی بر توسعه گنادی، تخم‌ریزی، تخم‌گشایی، هماوری و بازماندگی لاروها دارد و نیاز به ویتامین E با افزایش چربی و اسیدهای چرب بلند زنجیره در جیره غذایی، افزایش می‌یابد. در نهایت بیان شده است که علت این اثرگذاری بر شاخص‌های تولید مثلی از طریق تنظیم سطوح هورمون‌های جنسی و ژن‌های وابسته به آن و محافظت از دیواره سلولی در مقابل استرس اکسیداتیو است (Zhang *et al.*, 2021; Griesh *et al.*, 2024).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزودن ویتامین E به مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم در جیره با چربی ۱۸ درصد، نه‌تنها سبب بهبود کارایی تکثیر بلکه با کاهش نقص در مراحل جنینی منجر به افزایش تخم‌گشایی و بازماندگی در لارو ماهی شانک زرد باله عربی خواهد شد.

تشکر و قدردانی

از مسئولین دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر به دلیل حمایت مالی از فعالیت پژوهشی فوق در قالب رساله دوره دکتری، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

El-Sayed, A-FM. and Izquierdo, M., 2022. The importance of vitamin E for farmed fish-A review. *Reviews in Aquaculture*, 14:688–703. DOI:10.1111/raq.12619

Erdogan, M. and Arslan, T., 2019. Effects of vitamin E on growth and reproductive performance of pindani (*Pseudotropheus socolofi* Johnson, 1974). *Aquaculture*, 509:59-66. DOI:10.1016/j.aquaculture.2019.05.019

Fernandez-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Gonzalez, M., Robaina, L. and Valencia, A., 1998. Combined effect of dietary α-tocopherol and n-3 HUFA on egg quality of gilthead seabream broodstock (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 161:475–476.

Griesh, A.S., El-Nahla, A.M., Aly, S.M. and 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. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 40:1169–1178. DOI:10.1007/s41208-024-00683-5

Hemre, G., Mangor-Jensen, A. and Lie, O., 1994. Broodstock nutrition in turbot (*Scophthalmus maximus*) effect of dietary vitamin E. *Fiskeridir Skr Ser Ernaer*, 8:21–29.

Hamre, K., 2011. Metabolism, interactions, requirements and functions of vitamin E in fish. *Aquaculture Nutrition*, 17:98-115. DOI:10.1111/j.1365-2095.2010.00806.x

Huang, B., Wang, N., Wang, L., Jia Y., Liu B, Gao X., Liu, B. and Wang, W., 2019. Vitamin E stimulates the expression of gonadotropin hormones in primary pituitary cells of turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 509:47–51. DOI:10.1016/j.aquaculture.2019.05.023

Izquierdo, M., Fernández-Palacios, H. and Tacon, A.G.J., 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197:25-42. DOI:10.1016/S0044-8486(01)00581-6

Lie, O., Mangor-Jensen, A. and Hemre, G., 1993. Broodstock nutrition in cod *Gadus morhua* effect of dietary fatty acids. *Fiskeridir Skr Ser Ernaer*, 6:11–19.

McDougall, M., Choi, J., Truong, L., Tanguay, R. and Traber, M.G., 2017. Vitamin E deficiency during embryogenesis in zebrafish causes lasting metabolic and cognitive impairments despite refeeding adequate diets. *Free Radical Biology and Medicine*, 110:250–260. DOI:10.1016/j.freeradbiomed.2017.06.012

Miller, G.W., Labut, E.M., Lebold, K.M., Floeter, A., Tanguay, R.L. and Traber, M.G., 2012. Zebrafish (*Danio rerio*) fed vitamin E-deficient diets produce embryos with increased morphologic abnormalities and mortality. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 23:478–486. DOI:10.1016/j.jnutbio.2011.02.002

Nascimento, T, De Stefani, M., Malheiros, E. and Koberstein, T., 2014. High levels of dietary vitamin E improve the reproductive performance of female *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 36:19–26. DOI:10.4025/actascibiolsci.v36i1.19830

NRC (National Research Council), 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academies Press, Washington. 392 P.

Saffari, S., Keyvanshokooh, S., Torfi Mozanzadeh, M. and Shahriari, A., 2021. Effects of nanoSelenium supplementation in plant protein-rich diet on reproductive performance and egg and larval quality of female Arabian yellowfin sea bream (*Acanthopagrus arabicus*). *Aquaculture Nutrition*, 27(6), 1959–1971. DOI:10.1111/anu.13332

Tokuda, M., Yamaguchi, T., Wakui, K., Sato, T., Ito, M. and Takeuchi, M., 2000. Tocopherol affinity for serum lipoproteins of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* during the reproduction period. *Fisheries Science*, 66:619–624.

Torfi Mozanzadeh, M.T., Safari, O., Oosooli, R., Mehrjooyan, S., Najafabadi, M.Z., Hoseini S.J., Saghavi, H. and Monem, J., 2021. The effect of salinity on growth performance, digestive and antioxidant enzymes, humoral immunity and stress indices in two euryhaline fish species: yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) and Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, 534:736329. DOI:10.1016/j.aquaculture.2020.736329

Zakeri, M., Marammazi, J. G., Kochanian, P., Savari, A., Yavari, V. and 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*). *Aquaculture*, 295: 99–105. DOI:10.1016/j.aquaculture.2009.06.026

Zhang, G., He, R., Zhang, S., Cao, K. and Gao, H., 2007. Effect of vitamin E in broodstock diet on reproductive performance of *Monopterus albus*. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 02, 196–200.

Zhang, X., Ma, Y., Xiao, J., Zhong, H., Guo, Z., Zhou, C., Li, M., Tang, Z., Huang, K. and Liu, T., 2021. Effects of vitamin E on the reproductive performance of female and male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at the physiological and molecular levels. *Aquaculture Research*, 52 (8):3518–3531. DOI:10.1111/are.15193.

Effect of dietary vitamin E on reproductive performance of female Arabian yellowfin seabream (*Acanthopagrus arabicus*)

Zabayeh Najafabadi M.[1]; Mohammadiazarm H.[1*]; Torfi Mozanzadeh M.[2]; Shahriari A.[3]

*azarmhamid@gmail.com

1-Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
2-South of Iran Aquaculture Research Centre, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
3-Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Introduction

During gonadal development and sexual maturation in fish, the metabolic rate in these tissues increases rapidly, generating a substantial number of free radicals (Fernandez-Palacios *et al*., 1998; Izquierdo *et al*., 2001). Research on various fish species has shown that incorporating high levels of vitamin E into fish diets reduces larval deformities, improves fecundity, enhances larval quality and development, and increases antioxidant resistance in eggs (Nascimento *et al*., 2014; Erdogan and Arslan, 2021). Conversely, a deficiency of vitamin E in the diet of female broodstock can lead to the development of immature gonads, reduced egg fertilization, lower hatching rates, and decreased larval survival (Miller *et al*., 2012). During vitellogenesis in various fish species, vitamin E is transported by lipoproteins from visceral tissues to the ovaries (Lie *et al*., 1993; Hemre *et al*., 1994; Tokuda *et al*., 2000; Huang *et al*., 2019). For instance, in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*), dietary supplementation of vitamin E at 1000 mg/kg has been found to enhance vitellogenesis, as well as the transfer and storage of this vitamin in the ovaries (Tokuda *et al*., 2000). Similarly, in turbot (*Scophthalmus maximus*), the addition of vitamin E to the diet has been shown to stimulate the synthesis and secretion of reproductive hormones, specifically follicle-stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH) (Huang *et al*., 2019). *Acanthopagrus arabicus*, commonly known as the yellowfin seabream, is a carnivorous species belonging to the family Sparidae. It has been recognized as a promising candidate for the development of cage aquaculture along the southern coasts of Iran (Torfi Mozanzadeh *et al*., 2021). However, there is limited information regarding the vitamin requirements of this species, particularly for broodstock. Therefore, the present study was conducted to investigate the effects of vitamin E supplementation on the reproductive and physiological performance of *A. arabicus*.

Methodology

Initially, broodstock aged 1 to 2 years were captured by fishermen using hook fishing methods in the Khormousi fishing area, beginning in mid-November. The broodstock of *A. arabicus* was maintained in two concrete tanks, each with a volume of 10 cubic meters, at a density of 10 fish per cubic meter. Vitamin E was prepared at seven concentrations: 0, 25, 50, 100, 250, 500, and 1000 mg per kg of diet. The broodstocks were fed the experimental diets for 60 days before the onset of the breeding season and 75 days during the breeding season (from early March to mid-May). The experimental diets were provided to the broodstock twice daily (at 9:00 AM and 3:00 PM) until satiety was achieved. Spawning occurred naturally at the water temperature of 19°C. To collect the released eggs, the water inflow was shut off at 6:00 PM, and floating eggs were collected the following morning at 8:00 AM using a funnel net (300 micrometers). The formulas referenced by Safari *et al*. (2021) were then used to calculate spawning rates, fertilization rates, and other reproductive performance indicators. The Kolmogorov-Smirnov and Levene tests were employed to assess the normality and homogeneity of variance in the data. A one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's multiple range test was conducted to evaluate the effects of dietary vitamin E on reproductive responses. Additionally, orthogonal polynomial regression analysis was used to examine the relationship between reproductive factors and the dosage of vitamin E in the diet.

Results

The inclusion of varying vitamin E concentrations in the diet did not significantly affect the female broodstock's final weight, condition factor, hepatosomatic index, viscerosomatic index, or gonadosomatic index. Broodstock fed a diet containing 250 mg of vitamin E per kg exhibited the highest relative fecundity. The duration of spawning in broodstock fed diets containing 100 and 250 mg of vitamin E per kg was significantly longer compared to other treatments ($P < 0.05$). The highest fertilization rate was observed in fish fed the diet supplemented with 250 mg of vitamin E per kg, while the control group exhibited the lowest fertilization percentage. Furthermore, the highest hatching rate and survival rate of three-day-old larvae were recorded in the group receiving 250 mg of vitamin E per kg. The lowest incidence of abnormalities during embryonic development occurred in the group fed a diet containing 50 mg of vitamin E per kg. The relationship between fertilization percentage, hatching rate, and larval survival indices with dietary vitamin E concentration followed a quadratic pattern.

Discussion and conclusion

The findings indicate that vitamin E supplementation did not significantly affect the growth indices of the broodstock. This lack of impact may be attributed to the allocation of energy and nutrients toward gonadal development, maturation, and gamete production, which likely reduced the energy available for somatic growth during the breeding season (Safari *et al*., 2021). Vitamin E plays a critical role in the synthesis of sex hormones in animals and has been shown to promote the accumulation of yolk granules in the ovaries as well as gonadal development in fish (Zhang *et al*., 2007). In the present study, the inclusion of 250 mg of vitamin E in the diet of female *A. arabicus* resulted in enhanced fecundity, prolonged spawning duration, improved fertilization and hatching rates, reduced embryonic abnormalities, and increased larval

survival. Similarly, the addition of 200 mg of vitamin E to the diet of the swamp eel (*Monopterus albus*) has been reported to promote gonadal development, increase spawning activity, and enhance hatching rates (Zhang *et al*., 2007). Furthermore, a study on a cichlid species (*Pseudotropheus socolofi*) demonstrated that incorporating vitamin E at a concentration of 219.3 mg per kg significantly increased egg diameter, fecundity, spawning frequency, fertilization rates, hatching success, and larval survival (Erdogan and Arslan, 2019). Studies indicate that vitamin E can regulate reproductive hormone levels and the expression of related genes during different developmental stages in fish (Zhang *et al*., 2021). Vitamin E is a fat-soluble compound essential for fish health and reproduction, acting as a structural element in cell membranes with antioxidant properties (Griesh *et al*., 2024). The results of the present study suggest that supplementing the diet with 250 mg of vitamin E improves reproductive efficiency and larval survival rate in the female Arabian yellowfin seabream (*Acanthopagrus arabicus*).

Conflicts of interest

I want to confirm that there are no known conflicts of interest for this manuscript.