

استفاده از ترکیبات آنتی اکسیدانی در تغذیه و نگهداری محصولات ماهیان با تأکید بر ماهیان خاویاری

یونس گلعلی پور^{۱*}، ذبیح اله پزند^۱، ایوب یوسفی جوردی^۱، علینقی سرپناه^۲، محمود محسنی^۱، آرش لبریا^۱

۱- انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۶۳۵-۳۴۶۴

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

آنتی اکسیدان‌ها کاربردهای مختلفی در صنایع شیلاتی دارند. از جمله می‌توان به افزودن آنها به جیره غذایی ماهیان برای افزایش مدت ماندگاری آنها، فرآوری فیله، گوشت ماهیان و غیره اشاره نمود. آنتی اکسیدان‌ها مواد شیمیایی هستند که از موجود زنده در مقابل تأثیر منفی رادیکال‌های آزاد حفاظت نموده، و برای جلوگیری از بروز مشکلات اکسیداسیون در جیره‌ها استفاده می‌شوند. یک مولکول آنتی اکسیدانی قادر به کند کردن یا جلوگیری از اکسیداسیون بوده، و عمدتاً به عنوان کاهش‌دهنده استرس در تغذیه ماهی و همچنین برای جلوگیری از فساد چربی در جیره غذایی ماهی استفاده می‌شود. اصطلاح "آنتی اکسیدان" عمدتاً برای دو گروه مختلف از مواد مورد استفاده قرار می‌گیرند. مواد شیمیایی صنعتی که برای جلوگیری از اکسیداسیون به محصولات غذایی افزوده شده، و مواد شیمیایی طبیعی که در بافت‌های بدن و مواد غذایی یافت شده، و اثرات مفیدی بر سلامتی دارند. آنتی اکسیدان‌های طبیعی گروه وسیعی از ترکیبات (مانند روغن‌ها، عصاره‌ها و ویتامین‌های A، C، E و غیره) هستند که اغلب به گیاهان تعلق داشته، و بعنوان محصولات فرعی کشاورزی محسوب می‌شوند. آنتی اکسیدان‌های مصنوعی مانند بوتیل هیدروکسی آنیزول (BHA)، بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) و اتوکسی کوئین (EQ) برای کنترل فساد در فرآورده‌های غذایی به کار می‌روند. استفاده از آنتی اکسیدان‌های مصنوعی سبب برخی عوارض کبدی در بعضی از آبزیان مانند میگو می‌گردد. در حالیکه استفاده از آنتی اکسیدان‌های طبیعی اثرات مضر بر رشد و شاخص‌های خونی در ماهی نداشته است. افزودن روغن زیتون به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی به میزان ۳ درصد و بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) به عنوان یک آنتی اکسیدان مصنوعی به میزان ۱۰۰ میلی گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*)، و افزودن آنتی اکسیدان مصنوعی آستازانتین به میزان ۴۰ میلی گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی برخی از ماهیان خاویاری توصیه شده است. استفاده از آنتی اکسیدان طبیعی اسید اسکوربیک به میزان ۰/۵ درصد برای افزایش ماندگاری فیله منجمد بسته‌بندی شده تحت خلاء تاسماهی ایرانی پیشنهاد شده است. به دلیل اثرات سودمند آنتی اکسیدان‌های طبیعی بر سلامت ماهی و انسان، بهتر است از آنتی اکسیدان‌های طبیعی بعنوان جایگزین آنتی اکسیدان‌های مصنوعی در صنعت آبزی‌پروری بویژه ماهیان خاویاری استفاده شود.

کلمات کلیدی: ماهی، آنتی اکسیدان طبیعی، آنتی اکسیدان مصنوعی، جیره غذایی

بیان مسئله

در سال‌های اخیر، آبرزی پروری به سرعت در حال توسعه بوده، و برای انسان‌ها، آبرزی پروری یکی از مهم‌ترین منابع پروتئین است. در آبرزی پروری، جیره‌های با کیفیت نامناسب و اکسید شده، ماهی‌ها را در برابر بیماری‌ها آسیب‌پذیرتر نموده، و باعث خسارات اقتصادی ناشی از مرگ ماهی‌ها می‌شوند. استفاده از فرمولاسیون‌های متعادل غذا، واکسن‌ها و محرک‌های ایمنی برای کاهش خطرات بیماری در ماهی‌های پرورشی و در نتیجه افزایش سطح مقاومت ماهی‌ها در برابر عفونت‌ها بسیار مهم است (Amer et al., 2018). مقدار پراکسید تولید شده در ماده غذایی تا حد معینی قابل قبول بوده و بیش از آن بیانگر فساد ماده غذایی است. روغن‌ها و چربی‌های مختلف از نظر اکسیداسیون و تندشدن متفاوت هستند. برای روغن‌های سالم و قابل استفاده در جیره غذایی این مقدار باید کمتر از ۶ میلی‌اکی والان در کیلوگرم باشد. اما طبق استاندارد دیگری این مقدار تا ۱۰ هم قابل قبول است. عواملی چون نور، اکسیژن، دما و غیره در شدت اکسیداسیون اثرگذار است. عدد پراکسید شاخص خوبی برای بیان اکسیداسیون چربی‌ها نمی‌باشد. چون در مراحل اولیه اکسیداسیون ممکن است عدد پراکسید بالا به دست آمده، و با گذشت زمان و تبدیل پراکسید به آلدئید، کتون و غیره باعث کاهش میزان عدد پراکسید گردد (www. azmayeshgah shimi - roghan).

تعریف آنتی اکسیدان و نقش آن

اکسیداسیون یکی از روش‌های فساد مواد غذایی است. ماده حاصل در این روش پراکسید بوده، و بیشتر در اسیدهای چرب غیر اشباع اتفاق افتاده، و باعث ایجاد طعمی نامطبوع در مواد غذایی می‌گردد. این مواد شیمیایی در سلول‌های بدن آبریان وجود داشته، و باعث آسیب دیدن و تخریب شدن

آنها می‌شوند. آنتی اکسیدان‌ها، حاوی ویتامین‌های A، C، E و سلنیوم هستند که در میوه، سبزیجات، غلات و حبوبات یافت می‌شوند. آنتی اکسیدان‌ها بدن را در مقابل ابتلا به انواع سرطان، سرما خوردگی و غیره حفاظت نموده و نقش بسیار مهمی در حفاظت از موجودات در مقابل استرس‌های اکسایشی دارند. بطور کلی، بسیاری از آنتی-اکسیدان‌های مصنوعی از قبیل بوتیل هیدروکسی آنیزول، بوتیل هیدروکسی تولوئن، ترت بوتیل هیدروکسی بنزن، و پروپیل گالات به محصولات غذایی اضافه شده تا اکسیداسیون چربی را مهار نمایند. به هر حال، نگرانی‌های عمیقی در مورد استفاده از آنتی اکسیدان‌های مصنوعی به عنوان افزودنی‌های غذایی ایجاد شده است (پیغمبری و قراچه، ۱۳۸۸). اکسیداسیون چربی در مواد غذایی باعث کاهش ارزش غذایی چربی‌ها و ویتامین‌ها و ایجاد ترکیبات پراکسیدی (رادیکال‌های آزاد) سمی برای ماهی شده، و در نتیجه موجب کاهش ارزش غذایی چربی‌ها و ویتامین‌ها می‌گردد. برای نگهداری و حفاظت مواد غذایی و جلوگیری از تشکیل پراکسید باید به آن‌ها آنتی اکسیدان اضافه کرد.

برخی از انواع آنتی اکسیدان‌ها

آنتی اکسیدان‌ها به دو دسته، آنتی اکسیدان‌های طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند (شکل ۱). آنتی اکسیدان‌های طبیعی گروه وسیعی از ترکیبات (مانند ویتامین‌های A، C، E و غیره) هستند که اغلب به گیاهان تعلق داشته، و بعنوان محصولات فرعی کشاورزی محسوب می‌شوند (Moure et al., 2001). آنتی اکسیدان‌های مصنوعی مانند بوتیل هیدروکسی آنیزول (BHA)، بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) و اتوکسی کوئین (EQ) برای کنترل فساد چربی در فرآورده‌های غذایی به کار می‌روند (Jeon, 2002). به دلیل اثرات نامطلوب آنتی اکسیدان‌های مصنوعی مانند خطرات جهش‌زایی، ایجاد مسمومیت، مشکلات معده و سرطان‌زایی (Cadun, 2008)، گرایش زیادی به استفاده

از ترکیبات آنتی اکسیدانی طبیعی به وجود آمده است (Burt, 2004).

الف- اسید اسکوربیک و ایزومرهای آن

اسید اسکوربیک و ایزومرهای آن (اریتروبیك اسید و L - آسکوربیک اسید) یک عامل ضد اکسید و عامل کاهنده با فرمول مولکولی $C_6H_8O_6$ است. اسید آسکوربیک (ویتامین C) در تثبیت رنگ، به عنوان طعم دهنده، جلوگیری کننده از اکسیداسیون و قهوه‌ای شدن آنزیمی میوه‌ها و سبزیجات مورد استفاده قرار می‌گیرد. آسکورات سدیم یک نمک معدنی اسید اسکوربیک (ویتامین C) با فرمول مولکولی $C_6H_7NaO_6$ بوده، که به عنوان نگهدارنده رنگ، مکمل غذایی در جیره غذایی ماهیان، در غذاها و گوشت‌های فرآوری شده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزودن ویتامین C به جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان می‌تواند سبب خنثی‌سازی و احیای رادیکال‌های آزاد شده و از آسیب‌های حاصل از آسیب اکسیداتیو جلوگیری کند (Verlhac et al., 1998). همچنین ثابت شده است ویتامین C تا حدودی باعث حفظ ارزش غذایی فیله گیش- ماهی (*Carangoides bajad*) در طی دوره نگهداری به مدت ۳ ماه می‌گردد. اسید اسکوربیک در روغن، فیله و ماهیچه ماهی استفاده شده، و محدودیتی برای مصرف اسکوربیک اسید وجود ندارد (Aubourg et al., 2004).

ب- آسکوربیل پال میتات

آسکوربیل پال میتات یک تثبیت کننده، امولسفاير، منبع ویتامین C، نگهدارنده رنگ و با فرمول مولکولی $C_{22}H_{38}O_7$ است که بوسیله مهار کردن رادیکال آزاد اکسیژن از اکسیدشدن جلوگیری می‌کند. در دمای ۱۱۳ درجه سانتی‌گراد و در حضور اکسیژن شروع به تجزیه شدن نموده، و نیز در pHهای بازی ناپایدار است.

ج- بتا کاروتن

بتا کاروتن یک ماده مغذی با فرمول مولکولی $C_{40}H_{56}$ می‌باشد که به عنوان آنتی اکسیدان از طریق رقیق کردن غلظت رادیکال آزاد اکسیژن عمل نموده، و به عنوان یک پرو ویتامین A در غذا عمل می‌کند.

د- هیدروکسی آنیسول بوتیله شده (BHA)

هیدروکسی آنیسول بوتیله شده، نگهدارنده‌ای با فرمول مولکولی $C_{11}H_{16}O_2$ بوده که برای حذف رادیکال‌های آزادی که در طی اکسیداسیون چربی‌های غیر اشباع به طور اتوماتیک تشکیل شده‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. از طرفی، دارای فعالیت ضد میکروبی نیز هستند.

ه- آسکورات کلسیم

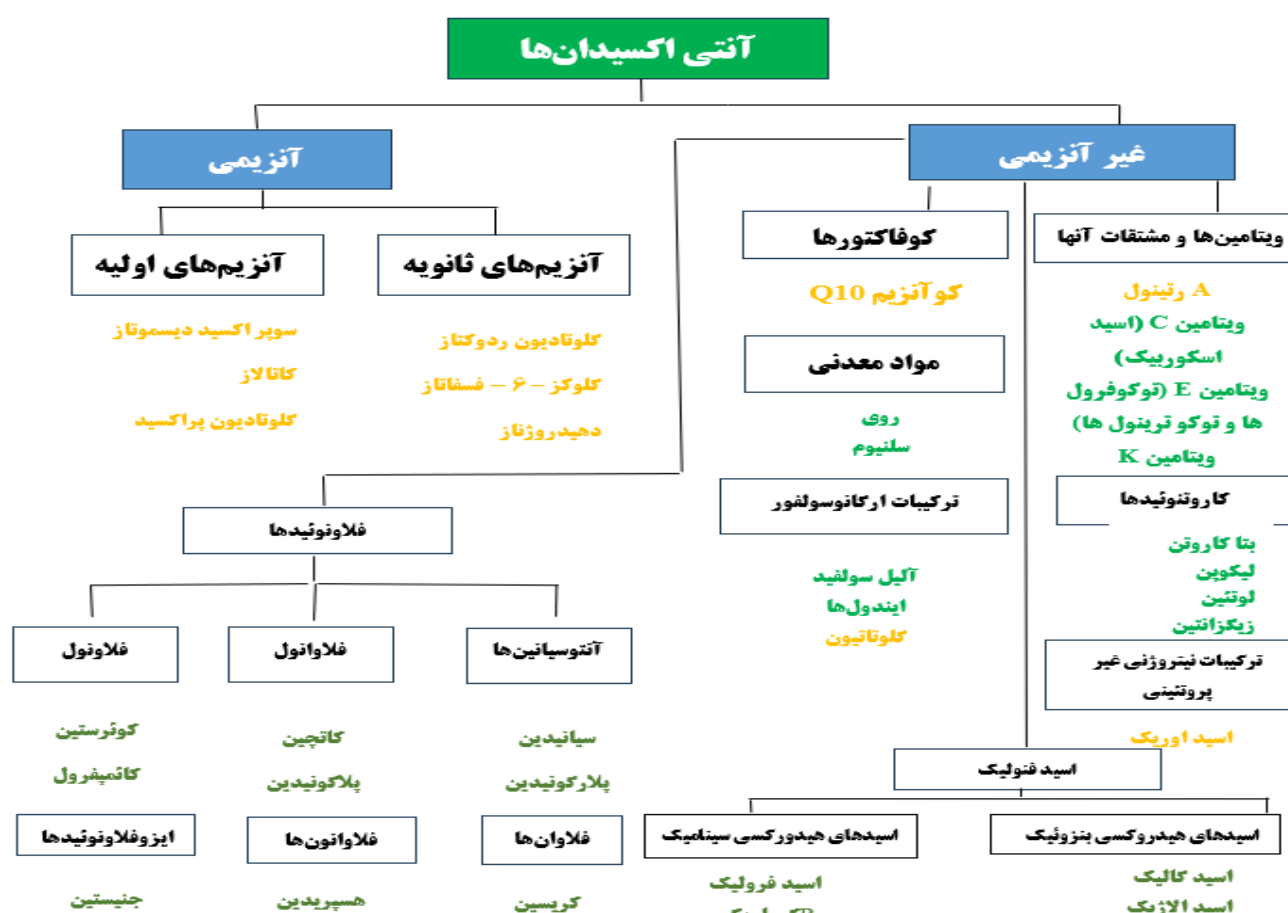
آسکورات کلسیم یک منبع ویتامین C با فرمول مولکولی $C_{12}H_{14}CaO_{12}$ بوده، و به عنوان نگهدارنده رنگ گوشت عمل می‌کند. در زمان گرم‌شدن، دودی سوزنده و آزاردهنده متصاعد می‌کند.

و- اسید سیتریک و نمک‌هایش

اسید سیتریک و نمک‌های آن با فرمول مولکولی $CH_2(COOH)C(OH)(COOH)CH_2COOH$ کنترل کننده pH در غذا بوده، و به طور عمده به عنوان اسید غذایی در نوشیدنی‌های الکلی مورد استفاده می‌گیرند. یون‌های فلزی را جمع‌آوری کرده، غیر فعال ساخته، به راحتی در آب حل شده، و اسید آزاد می‌کند. بنابراین، می‌توان آن را به طور مستقیم به مواد غذایی حاوی آب اضافه کرد. سترات کلسیم (یکی از انواع مکمل کلسیم است که به‌خاطر ترکیب با اسید سیتریک، جذب بهتری در بدن دارد) یک عامل تقویت‌کننده و ماده مغذی در غذا بوده، و در اثر حرارت دادن، تجزیه می‌شود.

غذایی حیوانات و ماهیان به منظور جلوگیری از اکسیداسیون چربیها و تثبیت ویتامین‌های محلول در چربی (Merel *et al.*, 2019) استفاده می‌شود. بر اساس تأیید انستیتو تحقیقات ملی تغذیه و غذاهای دریایی نروژ اتوکسی کوئین اثری بر انسان ندارد.

اتوکسی کوئین (Ethoxyquin) با فرمول مولکولی $C_{14}H_{19}NO$ ، آنتی اکسیدانی مصنوعی است که در حفظ کیفیت اسیدهای چرب امگا ۳ در پودر ماهی بویژه در مرحله حمل و نقل و انبارداری مؤثر است. همچنین اتوکسی کوئین یک افزودنی است که اغلب در جیره های



شکل ۱ - نمایی از تقسیم بندی آنتی اکسیدان‌ها

ت- توکوفرول‌ها (آلفا، بتا، گاما)

ویتامین E یک ویتامین محلول در چربی بوده و بعنوان یک آنتی‌اکسیدان محسوب می‌شود. توکوفرول یا آلفا توکوفرول فعال‌ترین شکل بیولوژیکی ویتامین E (نسبت به شکل بتا و گاما) بوده و به عنوان یک نابودگر رادیکال‌های آزاد در واکنش خوداکسایشی عمل کرده، و دارای فرمول‌های مولکولی $C_{29}H_{50}O_2$ می‌باشد. این ماده ویتامین E را به عنوان یک ماده غذایی مغذی تأمین می‌کند. آلفا توکوفرول از بین همولوگ‌های ویتامین E بعنوان فعال‌ترین آنتی-اکسیدان در آبرزی‌پروری محسوب می‌شود (Hamre et al., 1998). اثر ویتامین E آلفاتوکوفرول بر کیفیت لیدید بافت ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*)، توربوت (*Scophthalmus maximus*)، سیم دریایی (*Sparus aurata*) و ماهی قرمز (*Sebastes schlegeli*) گزارش شده است.

ی- آنتی‌اکسیدان‌های موجود در روغن زیتون

آنتی‌اکسیدان‌های موجود در روغن زیتون ارگانیک شامل ویتامین E، کاروتنوئیدها و ترکیبات فنولی هستند که خواص آنها در پیشگیری از انواع بیماری‌ها ثابت شده است. محتوای فنولی درون روغن زیتون بستگی به شرایط آب و هوایی محل کشت زیتون و زمان برداشت زیتون دارد. روش‌های تهیه و نگهداری از روغن زیتون نیز در این امر بی‌تأثیر نیستند. روغن زیتون تنها روغنی است که از میوه گرفته شده، و به همین دلیل غنی از آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و مواد مغذی بسیاری است. روغن زیتون ارگانیک تصفیه نشده و عاری از سموم، غنی از مواد مغذی، به خصوص آنتی‌اکسیدان‌ها بوده، و از بدن در برابر رادیکال‌های آزاد حفاظت می‌نماید. افزودن آنتی‌اکسیدان روغن زیتون به جیره غذایی سبب بهبود رشد و تقویت سیستم ایمنی در بچه‌تاسماهی ایرانی (*Acipenser*)

nudiventris) و افزایش ماندگاری جیره گردید (حسین‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰).

ک- بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT)

BHT با فرمول شیمیایی $C_{15}H_{24}O$ یک آنتی‌اکسیدان از نوع فنولیک و هیدروفتوبیک بوده که در صنایع غذایی کاربرد زیادی دارد. این ماده به صورت جامد پرک شده یا بلوری سفید است. بوتیل هیدروکسی تولوئن بدون بو و یا دارای بوی خفیفی می‌باشد. در آب نامحلول بوده، ولی در روغن‌ها و چربی‌ها حل می‌گردد. در دماهای بالا از پایداری کم تری نسبت به بوتیل هیدروکسی آنیزول برخوردار است. بوتیل هیدروکسی تولوئن از طریق تشکیل رادیکال مانع اکسیداسیون می‌شود. حداکثر مصرف این آنتی‌اکسیدان مصنوعی در فرآورده‌های غذایی ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده (سوداگر و ذکریائی، ۱۳۹۴)، و میزان مناسب آن در جیره غذایی ماهیان خاویاری ۱۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره می‌باشد (حسین‌نیا و همکاران، ۱۴۰۰).

کاربرد آنتی‌اکسیدان‌ها در ماهیان

سوداگر و ذکریائی (۱۳۹۴)، کاربرد آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و مصنوعی در آبرزی‌پروری را مطالعه نموده، و استفاده از عصاره‌های طبیعی و گیاهی از قبیل عصاره جلبک قهوه‌ای سارگاسوم، پوست سیب‌زمینی، عصاره زردچوبه، چای سبز، عصاره موسیر، ژلاتین، برگ زیتون، آویشن شیرازی، پودر دارچین، رزماری، بتا کاروتن، آستازانتین، عصاره آلوه‌ورا، عصاره هسته گریپ فروت و عصاره پوست پرتقال در مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی را در آبرزی‌پروری بویژه در پرورش ماهیان زینتی توصیه نمودند. حسینی و همکاران (۱۳۹۶)، تأثیر غلظت‌های مختلف آسکوربیک اسید (ویتامین C) جیره بر شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه‌ماهیان انگشت قد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) را مورد مطالعه قرار داده، و بیان

داشتند افزودن اسکوربیک اسید به میزان ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم جیره سبب بهبود شاخص های رشد گردید.

حسین نیا و همکاران (۱۴۰۰)، اثرات روغن زیتون و بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) بر ماندگاری غذا، رشد، شاخص های خونی، پروفیل اسیدهای چرب، ترکیب لاشه و هیستولوژی بافت های کبد و روده بچه تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند افزودن روغن زیتون به میزان ۳ درصد به جیره غذایی سبب افزایش رشد و تقویت سیستم ایمنی و بهبود فعالیت دستگاه گوارش (کبد و روده) و افزایش ماندگاری غذا به بیش از ۶ ماه گردید. همچنین، افزودن بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) به میزان ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم جیره مناسب تر از غلظت های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم بود. ولی در مقایسه با روغن زیتون بسیار ضعیف تر بود. Bautista و Subosa (۱۹۹۷)، اثرات آنتی اکسیدان مصنوعی تترا اتوکسی پروپان (TPE) با غلظت های ۱، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ گرم در هر کیلوگرم جیره در میگوی ببری سیاه (*Penaeus monodon*) را به مدت ۸ هفته مورد بررسی قرار دادند. در نتیجه بیان داشتند میزان تیوباریوتیک اسید (TBA) در بین تیمارها اختلاف معنی داری داشت ($P < 0.05$). این جیره میزان تیوباریوتیک اسید بیشتری در مقایسه با سایر جیره ها داشته، و میزان اسیدهای چرب غیر اشباع همزمان با افزایش غلظت آنتی اکسیدان افزایش یافت. وزن میگوهای تغذیه شده با غلظت های ۵۰ و ۱۰۰ گرم تترا اتوکسی پروپان در هر کیلوگرم جیره پایین تر از سایر غلظت ها بود. ولی میگوها از میزان بازماندگی مشابه ای برخوردار بودند. Sicuro و همکاران (۲۰۰۹)، اثرات فیزیولوژیکی مصرف آنتی اکسیدان های طبیعی در تغذیه قزل آلاهی رنگین کمان (*Onchorynchus mykiss*) را مورد مطالعه قرار داده، و دریافتند که بر بسیاری از خواص بیوشیمیایی خون تأثیر گذاشتند. همچنین Sicuro و همکاران (۲۰۰۹)، اثرات

فرآورده جانبی روغن زیتون بعنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی در جیره غذایی ماهی سیم (*Sparus aurata*) را مورد بررسی قرار داده، و در نتیجه اثرات مضر بر رشد، تولید و پارامترهای خونی مشاهده نشد. Ruff و همکاران (۲۰۰۳)، همچنین Tocher و همکاران (۲۰۰۳)، دریافتند که مصرف آنتی اکسیدان ها در غذای ماهی می تواند کیفیت محصول نهایی را افزایش دهد. Cho و همکاران (۲۰۱۰)، اثر منابع آنتی اکسیدانی طبیعی بر اکسیداسیون ماهی فلاندر زیتونی (*Paralichthys olivaceus*) و غذای ماهی را طی دوره نگهداری مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که فرآورده های جانبی چای سبز به عنوان آنتی اکسیدان در خوراک ماهی، پتانسیل مهار اکسیداسیون خوراک ماهی در طول دوره نگهداری را دارند. Nazir و همکاران (۲۰۲۱)، آنتی اکسیدانهای بیولوژیک (ویتامین های C و E) مرتبط با ایمنی ماهیان را مورد مطالعه قرار داده، و در نتیجه بیان نمودند که ویتامین C یک ویتامین ضروری برای بسیاری از گونه های ماهی بوده، به عنوان یک عامل کمکی در واکنش های مختلف هیدروکسیلاسیون در بافت زنده عمل نموده، و در تشکیل کلاژن، رشد، فرآیندهای تولید مثلی، مقاومت در برابر بیماری و پاسخ ایمنی نقش دارد.

ویتامین E یک ویتامین محلول در چربی است که از هشت توکوفرول طبیعی تشکیل شده، و محلول در چربی می باشد. ویتامین E به عنوان یک آنتی اکسیدان متابولیک عمل نموده، و از اکسیداسیون لیپوپروتئین ها و غشاهای بیولوژیکی جلوگیری می کند. Tasbozan و همکاران (۲۰۲۳)، افزودنی های آنتی اکسیدانی را در جیره غذایی ماهیان مورد مطالعه قرار داده، و بیان داشتند آنتی اکسیدان های مصنوعی سال هاست که با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته اند. با این حال، در سال های اخیر، برخی محدودیت ها و مقررات در مورد استفاده از آنتی اکسیدان های مصنوعی وضع شده، بنابراین، آنتی اکسیدان های طبیعی جایگزین آنتی اکسیدان های مصنوعی شدند. Akhmedzhanova و

- استفاده از آنتی اکسیدان مصنوعی آستازانتین، به میزان ۴۰ میلی گرم در هر کیلوگرم جیره ماهیان خاویاری توصیه می گردد.
- افزودن آنتی اکسیدان مصنوعی بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) به میزان ۱۰۰ میلی گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی تاسماهی ایرانی مناسب تر از غلظت های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در هر کیلوگرم جیره بود.

منابع

- پیغمبری، ی. و قراچه، م. ۱۳۸۸. آنتی اکسیدان های مشتق از موجودات دریایی، همایش بین المللی خلیج فارس، بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر.
- حسینی مشهدی، س.ح.، هدایتی فرد، م. و قبادی، ش. ۱۳۹۶. تأثیر غلظت های مختلف آسکوربیک اسید (ویتامین C) جیره بر شاخص های رشد و بازماندگی بچه ماهیان انگشت قد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۶ شماره ۱۰. ص. ۱۵ - ۱.
- سوداگر، م. و ذکریایی، ح. ۱۳۹۴. استفاده از آنتی اکسیدان های طبیعی و مصنوعی در آبی پروری، آبزیان زینتی، سال دوم، شماره ۴، ۱۶ ص.
- Akhmedzhanova, A.B., Ponomarev, S.V., Levina, O.A., Federovikh, Y.V. and Terganova, N.V. 2023. Antioxidant astaxanthin in composition of sturgeon feeds. Fishing Industry, 1: 55 – 63.
- Amer, S.A., Metwally, A.E. and Ahmed, S.A. 2018. Effect of dietary supplementation of cinnamaldehyde and thymol on growth performance, immunity and antioxidant status of monosex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Sweetcorn. J Aquat Pic, 44: 251-256.
- Aubourg, S.P, Perez-Alonso, F. and Gallardo, J.M. 2004. Studies on rancidity inhibition in ozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*) by citric acid and ascorbic acids. European Journal of Lipid Science and Technology, 106: 232-240.
- Bautista, M.N. and Subosa, P.F. 1997. Changes in shrimp feed quality and effects on growth and survival of *Penaeus monodon* juveniles. 151 (1–4): 121-129.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a

همکاران (۲۰۲۳)، اثر آنتی اکسیدان آستازانتین در ترکیب غذای ماهیان خاویاری را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند غلظت ۴۰ میلی گرم آستازانتین در هر کیلوگرم جیره اثرات مثبتی بر تولیدمثل و شاخص های بیولوژیکی ماهیان خاویاری پرورشی داشت. Hu و همکاران (۲۰۲۵)، کاربرد آنتی اکسیدان های طبیعی به عنوان افزودنی های غذایی در آبی پروری را مورد مطالعه قرار دادند.

Rostamzad و همکاران (۲۰۱۰)، اثرات بازدارندگی آنتی اکسیدان های طبیعی اسید سیتریک و اسید اسکوربیک را بر اکسیداسیون چربی فیله های منجمد بسته بندی شده تحت خلاء تاسماهی ایرانی را مورد مطالعه قرار دادند و در نتیجه برای افزایش میزان بازماندگی آن، استفاده از اسید آسکوربیک را به میزان ۵/۰ درصد توصیه نمودند.

توصیه های ترویجی

- توصیه می گردد آنتی اکسیدان های طبیعی بجای آنتی - اکسیدان های مصنوعی به عنوان یک ماده مغذی ضروری برای ماندگاری بیشتر جیره و نیز کاهش اکسیداسیون چربی ها در جیره غذایی همه آبزیان بویژه ماهیان خاویاری استفاده شود.
- جهت حفظ کیفیت گوشت ماهی، از آنتی اکسیدان های طبیعی استفاده شود.
- آنتی اکسیدان های طبیعی بطور فزاینده ای برای حفظ کیفیت گوشت ماهی مورد استفاده قرار می گیرند.
- استفاده از اسید اسکوربیک (آنتی اکسیدان طبیعی) به میزان ۵/۰ درصد برای جلوگیری از اکسیداسیون فیله های منجمد بسته بندی شده تحت خلاء تاسماهی ایرانی توصیه می گردد.
- افزودن آنتی اکسیدان طبیعی روغن زیتون به میزان ۳ درصد به جیره غذایی بچه تاسماهی ایرانی جهت افزایش رشد، تقویت سیستم ایمنی، بهبود فعالیت دستگاه گوارش (کبد و روده) و افزایش ماندگاری غذا به مدت زمان بیش از ۶ ماه توصیه می شود.

- sturgeon (*Acipenser persicus*) fillets. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 9(2): 279-292.
- Ruff, N., FitzGerald, R.D., Cross, T.F., Hamre, K. and Kerry, J.P. 2003. The effect of dietary vitamin E and C level on market-size turbot (*Scophthalmus maximus*) fillet quality. Aquac Nutr; 9(2):91-103.
- Sicuro, B., Daprà, F., Gai, F., Palmegiano, G.B., Schiavone, R., Zilli, L. and Vilella, S. 2009. Olive oil by-product as a natural antioxidant in Gilthead Sea bream (*Sparus aurata*) nutrition. Aquaculture International, 18: 511-522.
- Taşbozan, O. and Erbaş, C. 2023. Antioxidant additives in fish feeds. BSJ Agri, 6(3): 321-325. Doi: 10.47115/bsagriculture.1246497.
- Verlhac, V., Obach, A., Gabaudan, J., Schuep, W. and Hole, R. 1998. Immunomodulation by dietary vitamin C and glucan in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish & Shellfish Immunology, 8(6): 409-424.
- review. International Journal of Food Microbiology; 94: 223-53.
- Cadun, A., Cakli, D. and Çakli, S. 2008. Marination of deep-water pink shrimp with rosemary extract and the determination of its shelf-life. Food Chem; 109: 81-87.
- Cho, S.H. 2010. Effect of Natural Antioxidant Sources on Oxidation of Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) and Fish Feed during Storage. Fish Aqua Sci 13(3): 231-235.
- Hamre, K., Berge, R.K. and Lie, O. 1998. Oxidative stability of Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) fillet enriched in α -, γ -, and δ -tocopherol through dietary supplementation. Food Chemistry, 62: 173-178.
- Hu, X., Ma, W., Zhang, D., Tian, Z., Yang, Y., Huang, Y. and Hong, Y. 2025. Application of Natural Antioxidants as Feed Additives in Aquaculture: A Review. Biology, 14, 87. <https://doi.org/10.3390/biology14010087>
- Jeon, Y.J., Kamil, J.Y. and Shahidi, F. 2002. Chitosan as an Edible Invisible Film for Quality Preservation of Herring and Atlantic Cod. J of Agricul and Food Chem; 50:5167-78.
- Merel, S., Regueiro, J., Berntssen, M.H.G., Hannisdal, R., Ornsrud, R. and Negreira, N. 2019. Identification of ethoxyquin and its transformation products in salmon after controlled dietary exposure via fish feed. Food Chemistry, 289: 259-268. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.054>
- Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Dominguez, J. M., Sineiro, J., Dominguez, H., Jose Nunez, M. and Parajo, J.C. 2001. Natural antioxidants from residual sources. Food Chemistry, 72(2): 145-171. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00223-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00223-5).
- Nazir, I., Badoni, P., Maity, S., Ringa, Z. and Maiti, S. 2021. Biological antioxidants (Vitamin C and E) in relation to fish immunity. 9(1): 2568-2573. DOI: 10.22271/chemi. 2021. V9. i1aj. 11614.
- Rostamzad, H., Shabanpor, B., Kashaninejad, M. and Shabani, M. 2010. Inhibitory impacts of natural antioxidants (ascorbic and citric acid) and vacuum packaging on lipid oxidation in frozen Persian

The use of antioxidant compounds in fish nutrition and product preservation with emphasis on sturgeon

Younes Golalipour^{*1}, Zabiholah Pajand¹, Ayoub Yousefi Jourdehi¹, Alinaghi Sarpanah², Mahmoud Mohseni¹, Arash Leberia¹

Corresponding Author: golalipouryounes@gmail.com

- 1- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran, P.O. Box: 41635-3464
- 2- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

Antioxidants have various applications in the fisheries industry. These include adding them to fish diets to increase their shelf life, processing fish fillets and meat, etc. Antioxidants are chemicals matters that protect living organisms against the negative effects of free radicals, and are used to prevent oxidation problems in diets. An antioxidant molecule is able to slow down or prevent oxidation and is mainly used as a stress reducer in fish nutrition and also to prevent fat spoilage in fish diets. The term "antioxidant" is mainly used for two different groups of substances. Industrial chemicals that are added to food products to prevent oxidation, and natural chemicals found in body tissues and foods that have beneficial effects on health. Natural antioxidants are a broad group of compounds (such as oils, extracts, and vitamins A, C, E, etc.) that often belong to plants and are considered agricultural by-products. Synthetic antioxidants such as butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), and ethoxyquin (EQ) are used to control spoilage in food products. The use of synthetic antioxidants causes some liver disasters in some aquatic animals such as shrimp. While the use of natural antioxidants has not any harmful effects on growth and blood indices in fish. Adding the natural antioxidant olive oil at a rate of 3% of the diet in *Acipenser persicus*, and the synthetic antioxidant astaxanthin at a rate of 40 mg per kg of sturgeon diet was ordered. Adding butylhydroxytoluene (BHT) at a rate of 100 mg per kg of diet has been recommended in *Acipenser persicus*. The use of natural antioxidant ascorbic acid at a concentration of 0.5% has been suggested to increase the shelf life of vacuum-packed frozen Iranian sturgeon fillets. Due to the beneficial effects of natural antioxidants on fish and human health, it is better to use natural antioxidants as an alternative to synthetic antioxidants in the aquaculture industry, especially sturgeon.

Keywords: Fish, natural antioxidants, synthetic antioxidants, diet