

تأثیر مکمل غذایی بتاکاروتن بر برخی بیومارکرهای وضعیت اکسیداتیو در بافت‌های ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

منصوره محبی‌مقدم^۱، حسن باغشانی^{۲*}، داور شاهسونی^۱

۱- گروه بهداشت مواد غذایی و آبریان، دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، صندوق پستی: ۱۷۹۳

۲- گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، صندوق پستی: ۱۷۹۳

تاریخ دریافت: ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش: ۱۷ مهر ۱۳۹۵

چکیده

ترکیبات آنتی‌اکسیدانی جیره‌ی غذایی نقش مهمی در حفاظت از آسیب اکسیداتیو ایفا می‌کنند و همچنین به سلامت ماهی و کیفیت گوشت آن کمک می‌کنند. هدف از این مطالعه بررسی اثر بتاکاروتن جیره‌ی غذایی بر برخی بیومارکرهای وضعیت اکسیداتیو در بافت‌های مختلف ماهی کپور معمولی می‌باشد. تعداد ۷۰ ماهی کپور (10 ± 60 گرم) تهیه و بعد از ضدعفونی به‌طور تصادفی به ۲ گروه ۳۵ تایی تقسیم شد. گروه ۱ به‌عنوان شاهد جیره‌ی پایه را دریافت کرد. در غذای گروه ۲، بتاکاروتن به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره طی مدت ۶ هفته افزوده شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بتاکاروتن به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) باعث کاهش مالون دی‌الدهید (MDA) در بافت‌های عضله و کبد در مقایسه با گروه کنترل گردید ولی تأثیر معنی‌داری بر میزان MDA در بافت‌های آبشش و کلیه نداشت. علاوه بر این بتاکاروتن باعث کاهش معنی‌دار میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در بافت‌های کبد، عضله و آبشش گردید. میزان قدرت آنتی‌اکسیدانت/قدرت احیای آهن (FRAP) در بافت‌های مورد آزمایش افزایش غیرمعنی‌دار داشت. مطالعه‌ی حاضر نشان می‌دهد بتاکاروتن به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدانت طبیعی تا حدودی در بهبود وضعیت اکسیداتیو از طریق کاهش اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها در برخی از بافت‌های ماهی کپور تأثیرگذار بوده است و کاربرد آن به‌عنوان مکمل غذایی در جیره‌ی ماهیان پرورشی می‌تواند در جهت بهبود وضعیت سلامت و نیز از جهت حفظ کیفیت محصولات مدنظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: بتاکاروتن، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، وضعیت اکسیداتیو بافتی.

* عهده‌دار مکاتبات (✉) baghishani@um.ac.ir

مقدمه

در شرایط طبیعی همواره تشکیل رادیکال‌های آزاد نظیر گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن^۱ و نیتروژن^۲ (ROS و RNS) و دفاع آنتی‌اکسیدانی در یک بالانس قرار دارد و آسیب اکسیداتیو در نتیجه عدم تعادل بین تولید رادیکال‌های آزاد و خنثی‌سازی آن‌ها بوسیله مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی ایجاد می‌گردد ROS. در برخی فرایندهای فیزیولوژیک نقش دارند اما افزایش آن‌ها می‌تواند منجر به آسیب به انواعی از بیوملکول‌ها مثل لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک گردد. در مقابل مکانیسم‌های چندلایه‌ی دفاعی در مقابل آسیب اکسیداتیو شامل آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمی و غیر آنزیمی وجود دارند. در پستانداران و نیز در ماهیان آنتی‌اکسیدانت‌های ناکافی جیره‌ی غذایی ممکن است باعث کاهش دفاع آنتی‌اکسیدانی و افزایش حساسیت به استرس اکسیداتیو شود (Mohebbi *et al.*, 2012). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی را می‌توان در دو گروه آنتی‌اکسیدان‌های با منشأ داخلی (ترکیباتی نظیر گلوکاتئون و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر سوپراکسیددیسموتاز، گلوکاتئون پراکسیداز و کاتالاز) و آنتی‌اکسیدان‌ها با منشأ خارجی که معمولاً از طریق جیره‌ی غذایی تأمین می‌شوند (نظیر ویتامین C، آلفا توکوفرول، کاروتنوئیدها و ...) تقسیم نمود. تشکیل ROS تحت تأثیر عوامل خارجی نظیر داروها و مواد شیمیایی محیطی افزایش می‌یابد. استرس اکسیداتیو عامل مهم آسیب سلولی است که باعث شروع و پیشرفت بسیاری از بیماری‌ها می‌شود (Mohebbi *et al.*, 2012). آسیب‌های اکسیداتیو به عنوان یکی از

عوامل مهم کاهش کیفیت و ارزش تغذیه‌ای گوشت حیوانات نیز شناخته می‌شود. حضور مقادیر بالای اسیدهای چرب غیر اشباع در ماهی باعث مستعد بودن بافت‌های مختلف ماهی به استرس‌های اکسیداتیو می‌گردد (Nakano *et al.*, 1999).

ظرفیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در ماهیان پرورشی ضعیف است (Nakano *et al.*, 1999) و با توجه به افزایش روند آلودگی محیط‌های آبی در اثر آلاینده‌های مختلف صنعتی و غیر صنعتی و با توجه به اینکه بسیاری از این آلاینده‌ها بالانس وضعیت اکسیداتیو را به نفع پرواکسیدانت‌ها تغییر می‌دهند، لذا تحقیق و بررسی در مورد انواع مکمل‌های آنتی‌اکسیدان می‌تواند از نظر پیشگیری از روندهای آسیب‌زایی در طی حیات و نیز جلوگیری از آسیب‌های اکسیداتیو در فاصله زمانی بعد از صید به منظور پیشگیری از کاهش کیفیت و ارزش تغذیه‌ای گوشت، اهمیت بهداشتی و اقتصادی زیادی در صنعت آبرزی پروری داشته باشند. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه شناسایی و کاربرد ترکیبات آنتی‌اکسیدان طبیعی با منشأ گیاهی به جای انواع آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی برای مقابله با آسیب‌های اکسیداتیو انجام گرفته است.

بتا کاروتن یکی از رنگدانه‌های طبیعی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی است (Paiva and Russell, 1999) و به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی که این رنگدانه دارد، از آن در تهیه مکمل‌های غذایی و مواد دارویی استفاده می‌شود (Cui *et al.*, 2012). ماهی‌ها قادر به ساخت کاروتنوئیدها نبوده و آن‌ها را از طریق جیره‌ی غذایی جذب و در بدن متابولیزه می‌کنند. جذب کاروتنوئیدها در ماهیان از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت بوده و معمولاً در روده میانی و انتهای صورت می‌گیرد.

¹ Reactive oxygen species (ROS)

² Reactive nitrogen species (RNS)

کاروتنوئیدها نظیر بتاکاروتن در بافت‌های مختلف نظیر پوست، ماهیچه و کبد ذخیره می‌گردند (Foss *et al.*, 1987). بتاکاروتن علاوه بر نقش مهمی که به عنوان پیش‌ساز ویتامین A ایفا می‌نماید، دارای خواص آنتی‌اکسیدانت نیز می‌باشد و افزودن مکمل بتاکاروتن سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانتی می‌گردد (Paiva *et al.*, 1999). همچنین تأثیر آن در جلوگیری از واکنش‌های پراکسیداسیون در عضله و لذا کمک به بهبود کیفیت گوشت در برخی گونه‌ها گزارش شده است (Foss *et al.*, 1987). مصرف جیره‌ی حاوی بتاکاروتن می‌تواند به طور معنی‌داری میزان رشد و وزن‌گیری را در ماهی تیلاپیا افزایش دهد (Hu *et al.*, 2006). همچنین گزارش شده است که مصرف بتاکاروتن و همچنین پلی‌فنول‌های چای سبز می‌تواند با کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید در زمان‌های مختلف پس از صید نقش موثری در حفظ کیفیت و جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدهای بافتی در ماهی کیلکا داشته باشد (Ojagh *et al.*, 2011).

ماهی کپور معمولی از مهم‌ترین گونه‌های ماهی پرورشی از لحاظ اقتصادی به‌شمار می‌رود و شناسایی نیازهای تغذیه‌ای در این ماهی لازم به نظر می‌رسد. هدف از تحقیق حاضر بررسی نقش محافظتی بتاکاروتن در جلوگیری از آسیب اکسیداتیو در برخی بافت‌های ماهی کپور می‌باشد.

۱±۲۱ درجه سانتی‌گراد و میزان اکسیژن محیط ppm ۵-۶ و ۵/۵±۰/۵ pH=۷/۵ اندازه‌گیری شد. به هر گروه به طور روزانه به میزان ۲/۵ درصد وزن بدن غذا داده شد. میزان غذای مورد نیاز هم به طور روزانه تهیه شد و ماهیان در دو نوبت صبح و عصر تغذیه شدند. گروه ۱ به عنوان شاهد جیره‌ی پایه را دریافت کرد. در غذای گروه ۲، ۱۰۰ میلی‌گرم بتاکاروتن (محصول شرکت سیگما-آمریکا) بازای هر کیلوگرم غذا اضافه شد (Hu *et al.*, 2006). مدت زمان انجام مطالعه تجربی ۶ هفته به طول انجامید که بعد از پایان این مدت ۱۵ ماهی از هر گروه به صورت تصادفی صید شدند و پس از کالبدگشایی از بافت‌های کبد، کلیه، عضله و مغز به نحو مطلوب نمونه‌برداری انجام شد. چربی و سایر مواد خارجی از بافت‌های مربوطه پاک‌سازی گردید. نمونه‌های بافتی تهیه شده تا زمان انجام آزمایشات در فریزر -۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای تهیه عصاره بافتی، نمونه‌های بافتی با بافر فسفات (۰/۵، ۴/۷، pH=۷/۴) به نسبت یک به ده (W/V) مخلوط شده، با هموژنایزر هموژنیزه گردید و پس از سانتریفیوژ (۴۰۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه)، مایع رویی برای انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه‌گیری بیومارکرهای وضعیت

اکسیداتیو

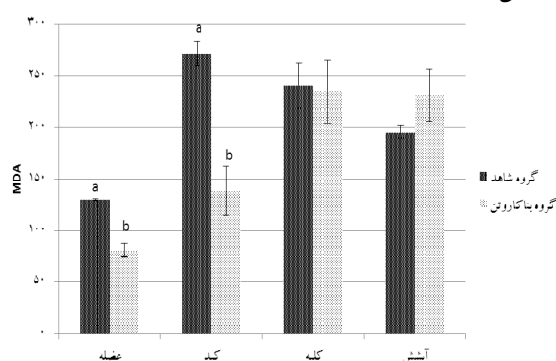
مواد شیمیایی مورد استفاده با خلوص آزمایشگاهی و از محصولات شرکت سیگما (آمریکا) بودند. مالون‌دی‌آلدهید (MDA) به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی بر مبنای واکنش با تیوباریتوریک‌اسید (Latha and Pari, 2003) اندازه‌گیری شد. در این روش MDA با دو مولکول

مواد و روش‌ها

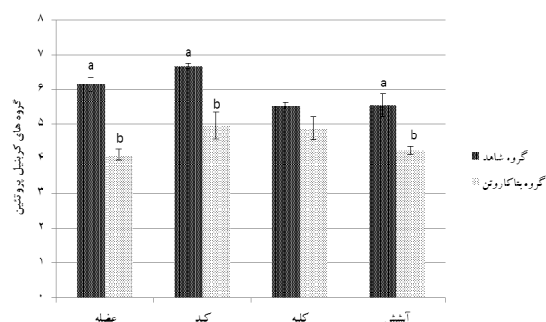
طرح آزمایش و نمونه‌گیری

تعداد ۷۰ ماهی کپور معمولی سالم و تقریباً هم-اندازه با وزن حدود ۱۰±۶ گرم تهیه و بعد از ضد عفونی، به طور تصادفی به ۲ گروه ۳۵ تایی تقسیم شدند. درجه حرارت آب در طول آزمایش برای تمام گروه‌ها

در شکل‌های ۱ تا ۳ ارائه شده‌اند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بتاکاروتن به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) باعث کاهش MDA در بافت‌های عضله و کبد در مقایسه با گروه کنترل گردید ولی تأثیر معنی‌داری بر میزان MDA در بافت‌های آبخش و کلیه نداشت (شکل ۱).



شکل ۱: میزان MDA (نانو مول بر گرم وزن بافت) در بافت‌های مختلف گروه‌های ماهی کپور تحت آزمایش ($n=15$) در هر گروه. بیان داده‌ها به صورت $\text{Mean} \pm \text{SEM}$ است. حروف غیرمشابه در هر بافت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).



شکل ۲: میزان گروه‌های کربونیل (نانو مول بر میلی گرم پروتئین) در بافت‌های مختلف گروه‌های ماهی کپور تحت آزمایش ($n=15$) در هر گروه. بیان داده‌ها به صورت $\text{Mean} \pm \text{SEM}$ است. حروف غیرمشابه در هر بافت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

علاوه بر این بتاکاروتن باعث کاهش میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در بافت‌های کبد، کلیه، عضله و آبخش گردید، البته این کاهش فقط در

تیوباریتوریک اسید واکنش می‌دهد و ترکیبی با رنگ متمایل به قرمز ایجاد می‌کند. ضریب جذب مولی $156000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ برای محاسبه غلظت استفاده گردید.

میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها، به عنوان شاخصی از اکسیداسیون پروتئین‌ها مورد استفاده قرار گرفت. میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در عصاره‌ی بافتی تهیه شده بر پایه واکنش با ۲،۴،۶-تریپیریدیل-هیدرازین (Jiang *et al.*, 2010) و $22000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ضریب جذب مولی $22000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ برای محاسبه‌ی غلظت استفاده گردید. بررسی ظرفیت آنتی اکسیدانی تام نمونه‌ها از طریق اندازه‌گیری قدرت آنتی اکسیدانت/قدرت احیای آهن (FRAP) انجام گرفت. اساس این آزمون احیا کمپلکس بی‌رنگ $2,4,6\text{-tripyridyl-s-Fe}^{3+}\text{triazine}$ به فرم Fe^{2+} می‌باشد که کمپلکس مذکور آبی رنگ بوده و در طول موج 593 نانومتر دارای پیک جذب است. میزان Fe^{2+} و در نتیجه شدت رنگ متناسب با غلظت احیا کننده/آنتی اکسیدانت می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای آنالیز داده‌ها از نظر توزیع نرمال از آزمون آماری kolmogorov-smirnov استفاده شد و برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون Student's t Test استفاده گردید. سطح معنی‌داری با دقت $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج پارامترهای مورد ارزیابی در این تحقیق بر اساس میانگین و خطای معیار میانگین ($\text{Mean} \pm \text{SEM}$)

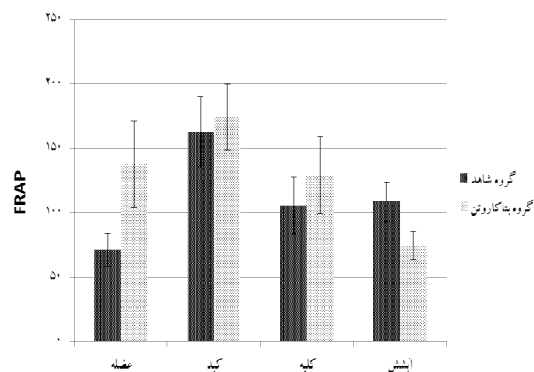
حاوی بتاکاروتن در کاهش اکسیداسیون لیپیدی گوشت گاو بوده است.

گزارش شده است که مصرف جیره‌ی حاوی بتاکاروتن به‌طور معنی‌داری میزان رشد و وزن‌گیری را نسبت به گروه شاهد در ماهی تیلاپیا افزایش می‌دهد (Hu *et al.*, 2006). Ojagh و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که مصرف بتاکاروتن و همچنین پلی‌فنول‌های چای سبز می‌تواند با کاهش معنی‌دار مقادیر مالون‌دی‌آلدهید در زمان‌های مختلف پس از صید نقش موثری در حفظ کیفیت و جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدهای بافتی در ماهی کیلکا ایفا نماید. یافته‌های Sancho و Descalzo (۲۰۰۸) بر روی گوشت تازه گاو نشان داده گروه‌هایی که در معرض آنتی-اکسیدانت‌های طبیعی شامل بتاکاروتن، آلفاتوکوفرول و اسید آسکوربیک بوده‌اند نسبت به گروه کنترل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر داشته‌اند و

مقادیر مالون‌دی‌آلدهید به‌طور معنی‌داری کمتر بوده است. مطالعه‌ای که توسط Jasour و همکاران (۲۰۱۱) برای مقایسه‌ی تأثیر افزودن مقادیر ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آلفاتوکوفرول در جیره‌ی غذایی و افزودن ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آلفاتوکوفرول مستقیماً پس از مرگ، بر روی ثبات اکسیداتیو فیله‌های تهیه شده از ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طول ۱۲ روز ذخیره‌ی آن‌ها در دمای یخچال (۴ °C) انجام شد، نشانگر این است که افزودن رژیم و یا استعمال سطحی (اسپری) آلفاتوکوفرول هر دو به شکل معنی‌داری باعث ثبات اکسیداتیو لیپیدی ماهی طی ذخیره می‌شوند.

Mohebi و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که تغذیه‌ی ۸ هفته‌ای ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با مقادیر ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ گرم پودر سیر بر کیلوگرم

بافت‌های کبد، عضله و آبشش در مقایسه با گروه کنترل معنی‌دار بود (شکل ۲). میزان قدرت آنتی‌اکسیدانت/قدرت احیای آهن (FRAP) در بافت‌های کبد، کلیه و عضله افزایش غیرمعنی‌دار ($P > 0.05$) نشان دادند (شکل ۳).



شکل ۳. میزان تغییرات FRAP (میکرومول Fe^{2+} بر گرم وزن بافت) در بافت‌های مختلف گروه‌های ماهی کپورت تحت آزمایش ($n=15$ در هر گروه). بیان داده‌ها به صورت $Mean \pm SEM$ است.

بحث

استرس اکسیداتیو می‌تواند باعث تجزیه‌ی پروتئین‌ها، پراکسیداسیون لیپیدی، آسیب و مرگ سلولی گردد (Katoch *et al.*, 2002). بیشتر اجزای ساختمانی و عملکردی سلول هدف آسیب اکسیداتیو قرار می‌گیرند. اندازه‌گیری مقادیر مالون‌دی‌آلدهید به عنوان محصول ثانویه و پایدار اکسیداسیون اسیدهای چرب به‌طور گسترده‌ای در علوم بیولوژیک و پزشکی به عنوان بیومارکر پراکسیداسیون لیپیدی کاربرد دارد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مصرف بتاکاروتن به‌طور معنی‌داری باعث کاهش MDA در بافت‌های عضله و کبد در مقایسه با گروه کنترل گردید. در توافق با نتایج تحقیق حاضر، یافته‌های مطالعه‌ی Mercier و همکاران (۲۰۰۴)، نشان‌دهنده‌ی مؤثر بودن تغذیه با جیره‌ی

جیره باعث کاهش معنی داری در سطح MDA سرم در تمامی گروه‌ها در مقایسه با گروه کنترل می‌گردد. هم‌چنین نتایج مطالعه‌ی Naeiji و همکاران (۲۰۱۳b) نشان داد که جیره‌ی حاوی پودر سیر باعث کاهش قابل توجه MDA در ماهیچه، کبد و کلیه ماهی کپورد در مقایسه با گروه کنترل می‌گردد. هم‌چنین گزارش شده است که مصرف ویتامین E در کاهش میزان MDA در کلیه، کبد و عضله‌ی ماهی کپور مؤثر است (Naeiji et al., 2013a). گزارش شده است که سطح مالون‌دی‌آلدهید به طور قابل ملاحظه‌ای در قزل‌آلای رنگین کمان به دنبال مصرف ویتامین E کاهش می‌یابد (Puangkaew et al., 2005). نتایج مطالعه‌ی Bucioli و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد مقادیر مالون‌دی‌آلدهید در نمونه‌های بافت کلیوی موش‌های دریافت کننده‌ی ویتامین E (به میزان ۵ میلی گرم بر کیلوگرم برای ۷ روز) که تحت استرس ورزشی شدید بودند، نسبت به گروه کنترل کاهش داشت.

اکسیداسیون پروتئینی که یا نتیجه‌ی اکسیداسیون غیراختصاصی آمینواسیدها و یا از طریق واکنش ثانویه با محصولات اولیه اکسیداسیون لیپیدها و قندها ایجاد می‌شود، اغلب با عنوان "کربونیل‌های پروتئین" یاد می‌شوند. محصولات پراکسیداتیو لیپیدی مخصوصاً آلدهیدها با برخی اسیدهای آمینه واکنش داده و با تشکیل کربونیل‌ها و برخی اسیدهای آمینه‌ی تغییر یافته، منجر به کاهش بیشتر ارزش تغذیه‌ای گوشت می‌شوند. براساس مطالعه‌ی حاضر مقادیر گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در بافت‌های کبد، عضله و آبشش به دنبال مصرف بتاکاروتن در گروه درمان در مقایسه با گروه کنترل به طور معنی داری کمتر بوده است. این نتایج موافق با نتایج Mercier و همکاران (۱۹۹۸) است که

کاهش قابل توجهی را در مقادیر گروه‌های کربونیل عضله‌ی Musculus Sartorius بوقلمون در پی مصرف ۴۰۰ ppm ویتامین E گزارش نمودند. هم‌چنین مطالعه‌ی دیگری روی گوسفند، اثر بارز مصرف جیره حاوی بتاکاروتن بر کاهش اکسیداسیون پروتئین‌های گوشت را نشان داد (Petron et al., 2007).

Batifoulier و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که مقادیر ۴۰۰ ppm ویتامین E در جیره نسبت به گروه کنترل (۳۰ ppm) به طور قابل توجهی باعث محافظت تیول‌های آزاد از اکسیداسیون القا شده (توسط مت‌میوگلوبین فعال شده به وسیله‌ی H_2O_2) در غشاهای میکروزومال عضله‌ی بوقلمون شده و نیز تأثیر اندکی بر روی مقادیر کربونیل دارد.

به علاوه در عضله‌ی موش صحرایی کاهش معنی داری در گروه‌های کربونیل بعد از مصرف ویتامین E گزارش شده است (Reznick et al., 1992). نتایج بدست آمده در مطالعه‌ی Batifoulier و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد مکمل آلفا توکوفرول استات به طور مشخصی باعث محافظت گروه‌های تیول آزاد از اکسیداسیون می‌شود اما اثر کمی روی گروه‌های کربونیل دارد. براساس نتایج Jiang و همکاران (۲۰۱۰) میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در بافت‌های مختلف (ماهیچه، روده و کبدی-پانکراسی) ماهی کپور در پی مصرف myo-inositol کاهش می‌یابد. بر خلاف تحقیق حاضر در مطالعه‌ی Mercier و همکاران (۲۰۰۴)، افزودن بتاکاروتن در جیره گاو تأثیر معنی داری بر اکسیداسیون پروتئینی عضله نداشت.

تعیین وضعیت سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌تواند با اندازه‌گیری هر کدام از اجزاء آن صورت پذیرد یا با تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی تام انجام شود. براساس

منابع

1. Batifoulier, F., Mercier, Y., Gatellier, P., Renerre, M., 2002. Influence of vitamin E on lipid and protein oxidation induced by H₂O₂-activated MetMb in microsomal membranes from turkey muscle. *Meat Science*, 61, 389-395.
2. Bucioli, S.A., Abreu, L.C., Valenti, V.E., Leone, C., Vannucchi, H., 2011. Effects of vitamin E supplementation on renal non-enzymatic antioxidants in young rats submitted to exhaustive exercise stress. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 11, 133-139.
3. Cui, B, Liu, S, Wang, Q, Lin, X., 2012. Effect of β - Carotene on immunity function and tumor growth in hepatocellular carcinoma rats. *Molecules*, 17, 8595-8603.
4. Descalzo, A.M., Sancho, A.M., 2008. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina, 79(3), 423-36.
5. Foss, P., Storebakken, T., Austreng, E., Liaaenjen, S., 1987. Carotenoids in diets for salmonids: V. Pigmentation of rainbow trout and sea trout with astaxanthin and astaxanthin dipalmitate in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture*, 65, 293-305.
6. Hu, C.J., Chen, S.M., Pan, C.H., Huang, C.H., 2006. Effects of dietary vitamin A or β carotene concentrations on growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* O. *Aureus*. *Aquaculture*, 253(1-4), 602-607.
7. Jasour, M.S., Rahimabadi, E.Z., Ehsani, A., Rahnama, M., Arshadi, A., 2011. Effects of refrigerated storage on fillet lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) supplemented by a-Tocopheryl acetate through diet and direct addition after slaughtering. *Journal of food processing and technology*, 2, 124.
8. Jiang, W.D., Feng, L., Liu, Y., Jiang, J., Hu, K., Li, S.H., Zhou, X.Q., 2010. Lipid peroxidation, protein oxidant and antioxidant status of muscle, intestine and hepatopancreas for juvenile Jian carp

مطالعه‌ی حاضر میزان FRAP به عنوان معیاری از وضعیت آنتی‌اکسیدانی تام در بافت‌های کبد، کلیه و عضله افزایش غیرمعنی‌دار نشان داد. گزارش شده است که استفاده از برخی گیاهان دارویی و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در افزایش وضعیت آنتی‌اکسیدانی تام در مراحل مختلف نگهداری گوشت مؤثر می‌باشند (Velasco and Williams, 2011). نتایج مطالعه‌ی Norhaizan و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده است که برخی ترکیبات سبوس برنج می‌توانند میزان FRAP را در برخی کشت‌های سلولی به طور معنی‌داری در مقایسه با گروه کنترل افزایش دهند.

مطالعه‌ی حاضر نشان می‌دهد مکمل غذایی بتاکاروتن تا حدودی در بهبود وضعیت اکسیداتیو از طریق کاهش اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها در برخی از بافت‌های ماهی کپور تأثیر گذار است و کاربرد آن به عنوان مکمل غذایی در جیره‌ی ماهیان پرورشی می‌تواند در جهت بهبود وضعیت سلامت و نیز حفظ کیفیت محصولات مدنظر قرار گیرد. به هر حال تحقیقات بیشتر و نیز ارزیابی سایر بیومارکرهای وضعیت اکسیداتیو در سطح ملکولی و انواع آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌تواند در تحقیقات بعدی مورد استفاده قرار گیرد، تا بتوان در زمینه‌ی مکانیسم اثرات مفید بتاکاروتن نیز نکاتی را بیان داشت.

سپاسگزاری

به این وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر حمایت مالی از این پروژه تحقیقاتی قدردانی می‌گردد.

- protein oxidation biomarkers of tissues as well as some serum biochemical parameters in common carp *Cyprinus carpio*. *Fisheries Science*, 79, 699–705.
17. Norhaizan, M.E., Ng, S.K., Norashareena, M.S., Abdah, M.A., 2011. Antioxidant and cytotoxicity effect of rice bran phytic acid as an anticancer agent on ovarian, breast and liver cancer cell lines. *Malaysian Journal of Nutrition*, 17(3), 367–375.
 18. Ojagh, S., Sahari, M., Rezaei, M., Hosseini, S.V., 2011. Applicability of β -Carotene and green tea polyphenols as two natural antioxidants in preservation of common kila with ice. *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 1 (4), 174–181.
 19. Paiva, S.A., Russell, R.M., 1999. Beta-carotene and other carotenoids as antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition* 18, 426–433.
 20. Petron, M.J., Raes, K., Claeys, E., Louren, M., Fremaut, D., De Smet, S., 2007. Effect of grazing pastures of different botanical composition on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of lamb meat. *Meat Science*, 75, 313–324.
 21. Puangkaew, J., Kiron, V., Satoh, S., Watanabe, T., 2005. Antioxidant defense of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to dietary n-3 highly unsaturated fatty acids and vitamin E contents. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 140, 187–196.
 22. Reznick, A.Z., Witt, E., Matsumoto, M., Packer, L., 1992. Vitamin E inhibits protein oxidation in skeletal muscle of resting and exercised rats. *Biochemical Biophysical Research Communications*, 189: 801–806.
 23. Velasco, V., Williams, P., 2011. Improving meat quality through natural antioxidants. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(2), 313–322.
 - (*Cyprinus carpio* var. Jian) fed graded levels of myo-inositol. *Food Chemistry*, 120, 692–697.
 9. Katoch, B., Sebastian, S., Sahdev, S., Padh, H., Hasnain, S.E., Begum R., 2002. Programmed cell death and its clinical implication. *Indian Journal of experimental Biology*, 406, 513–524.
 10. Latha, M., Pari, L., 2003. Preventive effects of *Cassia auriculata* L. flowers on brain lipid peroxidation in rats treated with streptozotocin. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 243, 23–28.
 11. Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M., Remignon, H., Renner, M., 1998. Effect of dietary fat and vitamin E on colour stability and on lipid and protein oxidation in Turkey meat during storage. *Meat Science*, 48(3-4), 301–318.
 12. Mercier, Y., Gatellier, P., Renner, M., 2004. Lipid and protein oxidation in vitro, and antioxidant potential in meat from Charolais cows finished on pasture or mixed diet. *Meat Science*, 66, 467–473.
 13. Mohebbi, A., Nematollahi, A., Ebrahimi Dorcheh, E., Goodarzi, F., 2012. Influence of dietary garlic (*Allium sativum*) on the antioxidative status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 43(8), 1184–1193.
 14. Nakano, T., Kanmuri, T., Sato, M., Takeuchi, M., 1999. Effect of astaxanthin rich red yeast (*Phaffia rhodozyma*) on oxidative stress in rainbow trout. *Biochimica Biophysica Acta*, 1426, 119–125.
 15. Naeiji, N., Baghishani, H., Shahsavani, D., 2013a. Effect of vitamin E on tissue lipid peroxidation, protein oxidation and serum biochemistry in *Cyprinus carpio* (carp). *Online Journal of Veterinary Research*, 17 (3), 121–129.
 16. Naeiji, N., Shahsavani, D., Baghishani, H., 2013b. Effect of dietary garlic supplementation on lipid peroxidation and