مجله علمی ـ پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی
سال هشتم، شماره چهارم، پیاپی سی و دوم، بهار ۱۳۹۹ (۷۴-۶۷)

بررسی میزان اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌های گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی نگهداری در دمای چهار درجه سانتی‌گراد

محمدجواد پیروزبخت [۱]، سعید خان‌زادی [۲*]، داور شاهسونی [۳]، حسن باغیشنی [٤]
۱. کارشناس ارشد کنترل کیفی و بهداشت موادغذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲. دانشیار، گروه بهداشت مواد غذایی وآبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳. استاد، گروه بهداشت مواد غذایی وآبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
٤. دانشیار، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱٦)

چکیده
اکسیداسیون از زیان‌آورترین فرآیندهای شیمیایی می‌باشد که خصوصیات غذا و سلامت مصرف‌کنندگان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات بیومارکرهای اکسیداسیون گوشت ماهی قزل‌آلا طی نگهداری در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و همچنین مقایسه این تیمارها با نمونه‌های موجود بازارمی‌باشد. در این مطالعه نمونه‌های صیدشده قزل‌آلا (n=۱۵) برای ۹٦ ساعت در ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و مقدارمالون دی آلدهید (MDA) و گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در زمان‌های بلافاصله پس از صید، ۲٤، ٤۸، ۷۲ و ۹٦ ساعت پس از صید اندازه‌گیری گردید. همچنین تعداد ۳۰ ماهی قزل آلا از بازار تهیه و میزان پارامترهای مذکور سنجش گردید. مقدار MDA در ماهی قزل‌آلا در زمان صید ۰/۱۱۷ میکرومول بر گرم وزن بافت بود که طی نگهداری به‌مدت ۹٦ ساعت به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) افزایش و به ۰/۱۸۹ رسید. گروه‌های کربونیل نیز از ۱٤٦۳/۷۲ نانومول بر گرم وزن بافت هنگام صید، طی ۹٦ ساعت با افزایش معنی‌داری به ۱۷۵٦/۱۹ نانومول بر گرم رسید. براساس نتایج مطالعه‌ی حاضر مقادیر MDA و گروه‌های کربونیل در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری، به‌طور معنی‌دار در مقایسه با زمان صفر افزایش داشتند. مقدار MDA در نمونه‌های اخذ شده از بازار ۰/۱۷ میکرومول بر گرم وزن بافت بود که با نمونه تیمار نگهداری شده طی ۷۲ ساعت اختلاف معنی‌داری نداشت. گروه‌های کربونیل ماهی قزل‌آلای بازار ۱۵۵۱/۱۵ نانو مول بر گرم وزن بافت بود که اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های تیمار طی زمان‌های ٤۸ و ۷۲ ساعت نشان نداد. افزایش معنی‌دار مالون‌دی‌آلدهید و گروه‌های کربونیل پروتئین‌های گوشت در این مطالعه نشان‌دهنده افزایش میزان اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها طی نگهداری در ٤ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آسیب اکسیداتیو گوشت، گروه‌های کربونیل، مالون‌دی‌آلدهید، ماهی قزل‌آلا.

Evaluation of lipid and protein oxidation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) meat during storage at 4 °C

Mohammad Javad Pirouzbakht[1], Saeid Khanzadi[2*], Davar Shahsavani[3], Hasan Baghishani[4]
1. M. A. of Food Hygiene and Quality Control, Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Professor, Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Associate Professor, Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: Oct. 10, 2018 - Accepted: May 5, 2020)

Abstract
Oxidation is one of the most harmful chemical processes that affect the properties of food and health of consumers. The aim of this study was to determine the process of changes in the biomarkers of meat oxidation in trout during storage at 4°C as well as comparing these treatments with similar ones on the market. For this purpose the samples of trout (n=15) collected and maintained at 4°C for 96 hours and their MDA and carbonyl groups were measured every 24 hours (0, 24, 48, 72 and 96 hours). Also, the same samples (n=30) were taken from the markets to measure those parameters. MDA levels in trout increased significantly from the initial value of 0.117 µmol/gw (in time of catch) to 0.189 µmol/gw within 96 hours (P<0.05). The amount of carbonyl groups in the salmon increased significantly from initial value of 1463.72 nmol/gw to 1756.19 nmol/gw within the 96 hours. MDA level of market trout was 0.17032 µmol/gw and did not show a significant difference with the samples collected and maintained for 72 hours. The amount of carbonyl groups in the trout of the market was 1551.15 nmol/gw and there was no significant difference with the treated samples during 48 and 72 hours. A Significant increase in the level of malondialdehyde and carbonyl groups of meat indicate an increase in the oxidation of lipids and proteins during storage at 4°C.

Keywords: Carbonyl groups, malondialdehyde, meat oxidative damage, Trout.

* نویسندهٔ مسئول: سعید خان‌زادی Email: khanzadi@um.ac.ir

مقدمه

ماهی و سایر غذاهای دریایی از منابع خوب پروتئینی هستند که حاوی میزان بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع زنجیره بلند امگا۳ می‌باشند (Prego *et al*., 2012). این مواد غذایی دارای میزان کمی اسید چرب اشباع و کلسترول بوده و منبع خوبی برای برخی ویتامین‌ها مانند A، D و همچنین مواد معدنی ضروری مانند پتاسیم، سدیم، کلر، منیزیم، کلسیم، روی، آهن، مس و سلنیوم می‌باشند (Afonso *et al*., 2013). مشاهدات اپیدیمیولوژیک نشان داده است در جمعیت‌هایی که محصولات دریایی بیشتر مصرف می‌کنند بیماری‌های قلبی، فشارخون و سرطان کمتر مشاهده می‌شود (Alasalvar *et al*., 2011). گوشت ماهی اگر چه دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی است ولی به‌علت داشتن اسیدهای چرب غیراشباع، مستعد اکسایش و تند شدن است، از این رو ضمن افت کیفیت، زمان ماندگاری آن کاهش مـی‌یابد (Zheng *et al*., 2012).

تغییرات پس از صید ماهی مانند تغییرات حسی، باکتریایی، لیز خودبه‌خودی و اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها بر کیفیت گوشت ماهی به‌عنوان منبع غذایی تأثیر می‌گذارند (Okpala *et al*., 2014). میزان این تغییرات بستگی به عواملی مانند گونه ماهی، اندازه، محتوای چربی، محل صید ماهی، مقدار و ماهیت بار میکروبی و دمای ذخیره‌سازی ماهی دارد (Richards & Hultin,2002). با توجه به این‌که بافت‌های ماهی حاوی مقادیر بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع هستند لذا به واکنش‌های اکسیداسیون لیپیدی که از مهم‌ترین فاکتورهای مسئول افت کیفیت طعم، رنگ و ارزش تغذیه‌ای گوشت هستند بسیار حساس می‌باشند (Del Rio *et al*., 2005). ثبات اکسیداتیو گوشت وابسته به توازن بین آنتی‌اکسیدان‌ها و پرواکسیدان‌ها و میزان سوبستراهای اکسیداسیون شامل اسیدهای چرب غیراشباع، پروتئین‌ها، کلسترول و رنگدانه‌ها می‌باشد (Celi, 2010). برخلاف مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع در ماهی، حضور رنگدانه آهن و مقادیر اندک یون‌های فلزی نیز باعث مستعدشدن گوشت ماهی بویژه ماهیان دارای عضله تیره‌تر به اکسیداسیون لیپیدی می‌شود (Lykkesfeldt, 2007; Richards & Hultin, 2002).

اکسیداسیون خودبه‌خودی لیپیدها یکی از دلایل تأثیرگذار بر کاهش کیفیت و طعم ماهی است (Del Rio *et al*., 2005; Richards & Hultin, 2002). اکسیداسیون لیپیدها منجر به تشکیل رادیکال آزاد و هیدروپراکسید و محصولات اولیه اکسیداسیون می‌شوند که بعد از تبدیل‌شدن به محصولات ثانویه اکسیداسیون مثل الکل، آلدهید و کتون باعث ایجاد بدطعمی، تند شدن و بدرنگی در مواد غذایی می‌شود. علاوه بر این، اکسیداسیون چربی‌ها می‌تواند باعث تغییر و دناتوراسیون پروتئین‌ها و در نتیجه کاهش عملکرد پروتئین، حلالیت و آب‌گریزی آن‌ها شود (Eymard *et al*., 2009). مالون‌دی‌آلدهید یکی از محصولات با وزن مولکولی پایین و یکی از فراوان ترین آلدهیدهایی است که طی اکسیداسیون ثانویه لیپیدی شکل می‌گیرد و از رایج‌ترین مارکرهای اکسیداسیون لیپیدی به‌شمار می‌رود (Lykkesfeldt, 2007; Celi, 2010). این آلدهید مولکولی به‌شدت سمی است و از واکنش آن با DNA و پروتئین‌ها معمولاً به‌عنوان واکنش‌های سرطان‌زا یاد می‌شود (Lykkesfeldt, 2001; Celi, 2010). اکسیداسیون پروتئینی نیز باعث افت کیفیت غذاهای با منشأ گوشتی طی فرآوری و یا نگهداری می‌گردد که به‌طور عمده باعث ازدست‌رفتن رنگ و نیز تغییرات بافتی جانبی نظیر کاهش تردی و طعم مطبوع گوشت می‌شود (Okpala *et al*., 2014; Ogino & Wang, 2007). محصولات جانبی پراکسیداسیون لیپیدی (رادیکال‌های آزاد، هیدروپراکسیدها و آلدهیدها)، فلزات فعال از نظر اکسایش- کاهش و گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن، القاکننده‌های اصلی

آسیب اکسیداتیو در پروتئین‌ها در نظر گرفته می‌شوند (Augustyniak *et al*., 2015). گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها از طریق اکسیداسیون آمینواسیدها و یا از طریق واکنش ثانویه با محصولات اولیه اکسیداسیون لیپیدها و قندها ایجاد می‌شود (Ogino & Wang, 2007).

هدف از تحقیق حاضر بررسی میزان مالون‌دی‌آلدهید و گروه‌های کربونیل‌های پروتئین به‌عنوان شاخص‌های اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها در ماهی قزل‌آلا طی زمان‌های مختلف نگهداری پس از صید به‌منظور ارزیابی وضعیت تغییرات اکسیداتیو و امکان بررسی استفاده از این شاخص‌ها برای پایش کیفیت گوشت طی زمان نگهداری می‌باشد. همچنین با ارزیابی وضعیت شاخص‌های ذکر شده در نمونه‌های ماهی قزل‌آلا موجود در بازار ارزیابی کیفی این ماهیان و مدت زمان احتمالی نگهداری آنها مورد بررسی مقایسه‌ای قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

طرح آزمایش و نمونه‌گیری

این مطالعه بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhincus mykiss*) با وزن تقریبی ۱۰۰±۵۰۰ گرم انجام شد. تعداد ۱۵ قطعه ماهی قزل‌آلای سالم و تقریباً هم‌اندازه از مراکز پرورش ماهی به‌طور تصادفی صید و جهت نمونه‌برداری، در کنار یخ سریعاً به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از نمونه‌گیری اولیه از بافت عضلانی، ماهی‌ها جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند و در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۹۶ ساعت نگهداری شدند. نمونه‌برداری از بافت عضله ماهیان صیدشده، ۵ مرتبه و در زمان‌های مختلف (بلافاصله پس از صید، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از صید) انجام گرفت.

همچنین جهت بررسی شاخص‌های وضعیت اکسیداتیو در ماهیان قزل آلای رنگین کمان موجود در بازار، تعداد ۳۰ قطعه ماهی قزل‌آلا از ماهی‌های موجود در بازار شهر مشهد خریداری و جهت نمونه برداری، در کنار یخ سریعاً به آزمایشگاه منتقل شدند. این ماهیان به‌عنوان ماهی تازه و صید روز عرضه می‌شد و در شرایط دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شد.

تهیه عصاره بافتی

برای تهیه عصاره بافتی، نمونه‌های بافتی با بافر فسفات (۰/۰۵ mM، pH= ۷/۴) به نسبت یک به ده (W/V) مخلوط شده، با هموژنایزر هموژنیزه گردید و پس از سانتریفیوژ (۴۰۰۰g به‌مدت 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) به‌عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی بر مبنای واکنش با تیوباربیتوریک‌اسید اندازه‌گیری شد (Latha & Pari, 2010). در این روش MDA با دو مولکول تیوباربیتوریک‌اسید واکنش می‌دهد و ترکیبی با رنگ متمایل به قرمز ایجاد می‌کند. ضریب جذب مولی ۱۵۶۰۰۰ $M^{-1}cm^{-1}$ برای محاسبه غلظت استفاده گردید.

میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها، به‌عنوان شاخصی از اکسیداسیون پروتئین‌ها مورد استفاده قرارگرفت. میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در عصاره‌ی بافتی تهیه‌شده بر پایه واکنش با ۲و۴دی‌نیتروفنیل‌هیدرازین سنجش گردید (Jiang *et al*., 2011). ضریب جذب مولی ۲۲۰۰۰ $M^{-1}cm^{-1}$ برای محاسبه غلظت استفاده گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

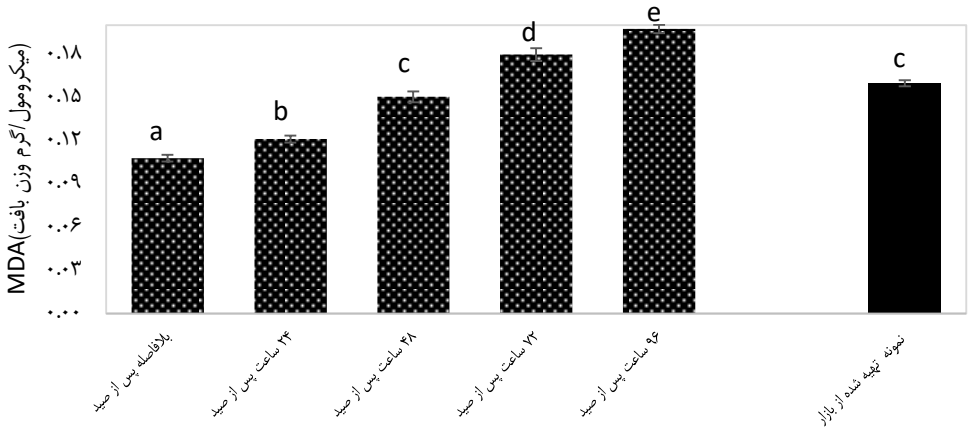
برای آنالیز آماری داده‌ها از آزمون ANOVA Repeated Measure استفاده شد و آزمون مقایسه‌ای بونفرونی برای مقایسه میانگین‌ها مورد استفاده قرار گرفت. سطح معنی‌داری با دقت P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای مقایسه میانگین نمونه‌های اخذشده از بازار با

گروه کنترل از آزمون Student's t-Test استفاده گردید. در تمامی موارد نتایج بر اساس میانگین و خطای معیار میانگین (Mean±SEM) بیان‌شده‌اند.

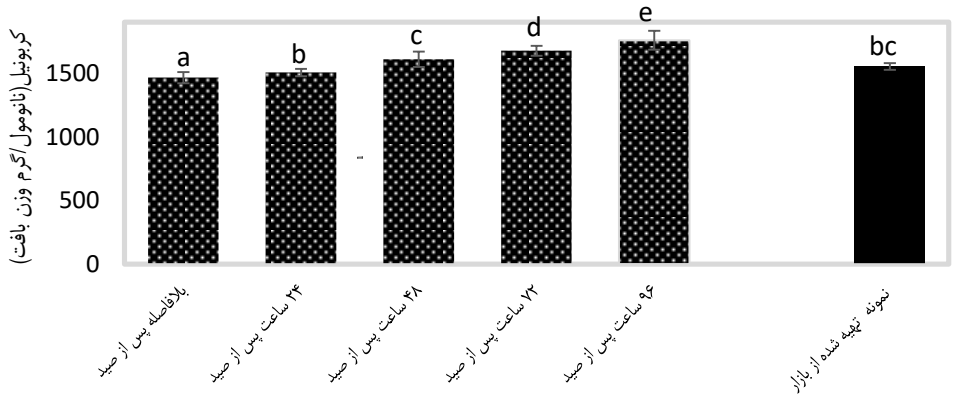
نتایج

نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه در مورد میزان MDA در ماهی قزل‌آلا در شکل ۱ نشان داده شده است. این نتایج نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار میزان MDA در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از صید در مقایسه با زمان بلافاصله پس از صید و نیز نسبت به یکدیگر می باشد. بیشترین غلظت MDA، ۹۶ ساعت پس از صید مشاهده گردید. مقدار MDA ماهی قزل‌آلا در نمونه‌های اخذ شده از بازار ۰/۱۷ میکرومول بر گرم وزن بافت بود که با نمونه صیدشده و نگهداری شده طی ۷۲ ساعت اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵).

تغییرات میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در ماهی قزل‌آلا در شکل ۲ نشان داده شده است. میزان گروه‌های کربونیل به‌طور معنی‌داری در زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از صید در مقایسه با زمان بلافاصله پس از صید افزایش یافته است. بیشترین مقدار آن ۹۶ ساعت پس از صید مشاهده گردید. همچنین میزان گروه‌های کربونیل در نمونه ماهی قزل‌آلای تهیه شده از بازار با نمونه کنترل نگهداری شده برای مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵).



شکل ۱. روند تغییرات مالون‌دی‌آلدهید (MDA) در ماهی قزل‌آلا طی نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد و مقایسه آن با نمونه اخذ شده از بازار. بیان داده‌ها به‌صورت Mean±SEM است. حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).



شکل ۲. روند تغییرات گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در ماهی قزل‌آلا طی نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد و مقایسه آن با نمونه اخذ شده از بازار. بیان داده‌ها به‌صورت Mean±SEM است. حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

بحث

تغییرات اکسیداتیو علاوه بر اثرات نامطلوب در سیستم‌های بیولوژیک، مسئول ایجاد طعم و کاهش کیفیت غذا و ایجاد فساد محسوب می‌شوند. هیدرولیز و اکسیداسیون، هر دو باعث فساد، ایجاد طعم و بوی نامطبوع و تغییر در رنگ گوشت می‌شوند. هیدرولیز به وسیله لیپازها و فسفولیپازها القا و سبب ایجاد اسیدهای چرب آزاد می‌شود که تحت تأثیر اکسیداسیون، ترکیباتی با وزن مولکولی کم تولید می‌کنند. این فرایند با حضور رادیکال‌های آزاد همراه است و باعث تولید آلدهیدهایی مانند مالون‌دی‌آلدهید می‌شود که مسئول پیشرفت فساد و ایجاد طعم و بوی بد و تغییر در رنگ گوشت می‌باشد (Goli *et al.*, 2010). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، میزان MDA و گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در مدت نگهداری ماهی افزایش پیدا کرد که نشان‌دهنده اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها در گوشت ماهی می‌باشد. در توافق با نتایج تحقیق حاضر، یافته مطالعات Nakyinsige *et al.* (2014) نشان‌دهنده افزایش اکسیداسیون لیپیدی و پروتئینی در گوشت خرگوش طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آن‌ها ۴۰ نمونه خرگوش سفید نیوزلندی را کشتار نمودند و بعد از ۳ روز نگهداری میزان مالون‌دی‌آلدهید به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین طی این مدت اکسیداسیون پروتئین‌ها نیز افزایش معنی‌داری را نشان داد.

همچنین Popova *et al.* (2009) تغییرات اکسیداتیو لیپیدها و پروتئین‌ها را بر روی گوشت گاو در مدت نگهداری مورد بررسی قراردادند. در این تحقیق یک نمونه گوشت به‌صورت بسته‌بندی تحت خلأ به‌مدت ۱۴ روز، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و نمونه دیگر به‌صورت بسته‌بندی معمولی به‌مدت ۹۰ روز و به‌صورت منجمد نگهداری شدند. نتایج حاصل در بسته‌بندی تحت خلأ نشان داد که گروه‌های کربونیل به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کردند و میزان MDA به‌مدت دو روز روند نزولی داشتند و سپس تا روز ششم به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند و در بسته‌بندی‌های معمولی میزان گروه‌های کربونیل و MDA در طول مدت نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند.

اکسیداسیون پروتئین‌ها در محصولات گوشتی، موجب کاهش ظرفیت نگه‌داری آب و قابلیت تشکیل بافت می‌شود. مکانیسم‌های مختلفی در مورد تأثیر اکسیداسیون پروتئینی بر روی ویژگی‌های بافتی گوشت مانند تردی و آب‌دار بودن پیشنهاد شده است. اکسیداسیون پروتئین‌ها می‌تواند باعث به‌وجودآمدن تغییراتی در خصوصیت آب‌گریزی، ترکیب و قابلیت انحلال پروتئین‌ها شده و حساسیت پروتئین‌ها به آنزیم‌های پروتئولیتیک را تغییر دهد که باعث کاهش هضم‌پذیری و در نتیجه کاهش ارزش تغذیه‌ای پروتئین‌ها می‌شود (Davies, 2012).

Baron *et al.* (2007) اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها را در ماهی قزل‌آلا مورد بررسی قرار دادند. به این منظور ماهی‌ها را به‌مدت ۱۳ماه در دمای ۲۰-، ۳۰- و ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری و اندیس پراکسید (PV) و محصولات ثانویه اکسیداسیون (مواد فرّار) را به‌منظور تشخیص اکسیداسیون لیپیدها و همچنین میزان کربونیل پروتئین‌ها را به‌منظور تشخیص اکسیداسیون پروتئین‌ها مورد بررسی قرار دادند. مشاهدات نشان داد که میزان ترکیبات حاصل از اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها در ماهیان نگهداری‌شده در ۲۰- درجه سانتی‌گراد طی ۱۳ماه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد اما میزان این ترکیبات در ماهیان تازه صیدشده و ماهیان نگهداری شده در ۳۰- و ۸۰- درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۳ماه اختلافی نداشتند و تغییرات معنی‌دار نبود.

Okolie *et al.* (2013) میزان اکسیداسیون لیپیدها را در انواع گوشت مانند خوک، گوساله، بوقلمون، مرغ، صدف، بز و مارماهی که تحت فرایندهای مختلف انجماد، سرخ‌کردن، آب‌پزکردن و

کبابی قرار گرفته بودند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقدار MDA در نمونه‌های مورد بررسی افزایش یافت.

He *et al.* (2018) گزارش کردند که نوع بسته‌بندی و نگهداری گوشت بر اکسیداسیون پروتئین‌ها تأثیرگذار می‌باشد. به همین منظور آن‌ها ماهی تیلاپیا را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه ماهی‌ها را پس از بسته‌بندی در اتمسفر کنترل‌شده (MAP) و در شرایط معمولی (AP) به‌مدت ۱۴ روز در فریزر نگهداری و میزان کربونیل پروتئین آن‌ها، مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش میزان کربونیل پروتئین در هر دو نوع بسته‌بندی طی نگهداری کاملاً معنی‌دار بوده است هرچند که میزان این ترکیبات در بسته‌بندی AP بیش از MAP بوده است.

Eymard *et al.* (2009) شستشوی گوشت قبل از بسته‌بندی را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها میزان اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها را در گوشت چرخ کرده ماهی تحت شرایط عادی و گوشت چرخ شده و شستشو شده که به‌مدت ۹۶ ساعت در ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان گروه‌های کربونیل و اندیس پراکسید طی ۹۶ ساعت افزایش می‌یابد و همچنین میزان اکسیداسیون در گوشت شسته شده کمتر می‌باشد.

Lyu *et al.* (2016) میزان اکسیداسیون لیپیدها را در گوشت گاو بسته‌بندی تحت اتمسفر کنترل شده را با بسته‌بندی عادی مورد مقایسه قرار دادند. به همین منظور گوشت گاو را در بسته‌بندی عادی و بسته‌بندی حاوی مونواکسید کربن و ازن (MAP) قرار داده و به‌مدت ۴۶ روز در دمای صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که میزان اکسیداسیون لیپیدها در مدت نگهداری درهر دو نوع بسته‌بندی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد اما این افزایش در گوشت‌های بسته‌بندی‌شده MAP کمتر می‌باشد.

Soyer *et al.* (2010) سه گروه گوشت مرغ را که در دماهای ۷-، ۱۲- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد فریز و هر سه گروه به‌مدت ۶ماه در ۱۸- سانتی‌گراد نگهداری شدند را مورد بررسی قرار دادند و میزان اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌های آن‌ها را گزارش دادند. نتایج نشان دادند که میزان اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها در مدت نگهداری افزایش می‌یابد و هر چه دمای فریزکردن گوشت پایین‌تر باشد میزان اکسیداسیون کاهش می‌یابد.

مطالعه حاضر نشان می‌دهد با گذشت زمان لیپیدها و پروتئین‌های گوشت اکسید می‌شوند و غلظت شاخص‌های مرتبط با آن‌ها افزایش می‌یابد که می‌تواند بر خصوصیات تغذیه‌ای و عملکردی گوشت تأثیر داشته باشد. با توجه به تأثیر ترکیبات حاصل از اکسیداسیون بر روی انسان و بیماری‌های ناشی از آن‌ها، تسریع حمل و نقل و در نتیجه کاهش زمان انتقال ماهی از محل پرورش به بازار و نیز کاهش مدت زمان نگهداری در بازار و منزل در کنترل و به تأخیر انداختن این تغییرات مفید می‌باشد. به هر حال تحقیقات بیشتر بر روی سایر گونه‌های ماهیان و نیز ارزیابی سایر نشانگرهای زیستی وضعیت اکسیداتیو در جهت بهبود وضعیت سلامت و نیز حفظ کیفیت محصولات می‌تواند مورد بررسی قرارگیرد.

سپاسگزاری

از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به دلیل حمایت مالی از این پروژه تحقیقاتی با کد ۳/۳۳۳۶۲، تشکر و قدرانی می‌گردد.

REFERENCES

Afonso, C.; Cardoso, C.; Lourenço, H.M.; Anacleto, P.; Bandarra, N.M.; Carvalho, M.L.; Castro, M.; Nunes, M.L. (2013). Evaluation of hazards and benefits associated with the consumption of six fish species from the Portuguese coast. Journal of food composition and analysis, 32(1): 59-67.

Alasalvar, C.; Miyashita, K.; Shahidi, F.; Wanasundara, U. (2011). Handbook of seafood quality, safety and health applications. John Wiley & Sons.

Augustyniak, E.; Adam, A.; Wojdyla, K.; Rogowska-Wrzesinska, A.; Willetts, R.; Korkmaz, A.; Atalay, M.; Weber, D.; Grune, T.; Borsa, C.; Gradinaru, D. (2015). Validation of protein carbonyl measurement: a multi-centre study. Redox biology, 4: 149-157.

Baron, C.P.; Kjaersgard, I.V.; Jessen, F.; Jacobsen, C. (2007). Protein and lipid oxidation during frozen storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of agricultural and food chemistry; 55(20): 8118-8125.

Celi, P. (2010). The role of oxidative stress in small ruminants' health and production. Revista Brasileira de Zootecnia; 39: 348-363.

Davies, M. (2012). Free radicals, oxidants and protein damage. Australian Biochemist; 43: 8-12.

Del Rio, D.; Stewart, A.J.; Pellegrini, N. (2005). A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases; 15(4): 316-328.

Eymard, S.; Baron, C.P.; Jacobsen, C. (2009). Oxidation of lipid and protein in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) mince and washed minces during processing and storage. Food Chemistry; 114(1): 57-65.

Goli, Z.; Lakzaee, M.; Pouramir, M. (2010). Antioxidant activity of sour orange peel extract and its effect on lipid oxidation in raw and cooked fish *Hypophthalmichthys molitrix*. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology; 5(2): 19-26.

He, Y.; Huang, H.; Li, L.; Yang, X.; Hao, S.; Chen, S.; Deng, J. (2018). The effects of modified atmosphere packaging and enzyme inhibitors on protein oxidation of tilapia muscle during iced storage. LWT-Food Science and Technology; 87: 186-193.

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 (*Cyprinus carpio* var. Jian) fed graded levels of myo-inositol. Food chemistry; 120(3): 692-697.

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(1): 23-28.

Lykkesfeldt, J. (2001). Determination of malondialdehyde as dithiobarbituric acid adduct in biological samples by HPLC with fluorescence detection: comparison with ultraviolet-visible spectrophotometry. Clinical Chemistry; 47(9): 1725-1727.

Lykkesfeldt, J. (2007). Malondialdehyde as biomarker of oxidative damage to lipids caused by smoking. Clinica chimica acta; 380(1): 50-58.

Lyu, F.; Shen, K.; Ding, Y.; Ma, X. (2016). Effect of pretreatment with carbon monoxide and ozone on the quality of vacuum packaged beef meats. Meat science; 117: 137-146.

Nakyinsige, K.; Sazili, A.Q.; Aghwan, Z.A.; Zulkifli, I.; Goh, Y.M.; Bakar, F.A.; Sarah, S.A. (2015). Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat. Meat science; 108: 125-131.

Ogino, K.; Wang, D.H. (2007). Biomarkers of oxidative/nitrosative stress: an approach to disease prevention. Acta Medica Okayama; 61(4): 181-189.

Okolie, N.P.; Okugbo, T.O. (2013). A comparative study of malondialdehyde contents of some meat and fish samples processed by different methods. Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation; 2: 26-29.

Okpala, C.O.R.; Choo, W.S.; Dykes, G.A.

(2014). Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice. LWT-Food Science and Technology; 55(1): 110-116.

Popova, T.; Marinova, P.; Vasileva, V.; Gorinov, Y.; Lidji, K. (2009). Oxidative changes in lipids and proteins in beef during storage. Archiva Zootechnica; 12(3): 30-38.

Prego, R.; Pazos, M.; Medina, I.; Aubourg, S.P. (2012). Comparative chemical composition of different muscle zones in angler (*Lophius piscatorius*). Journal of food composition and analysis; 28(2): 81-87.

Richards, M.P.; Hultin, H.O. (2002). Contributions of blood and blood components to lipid oxidation in fish muscle. Journal of Agricultural and Food Chemistry; 50(3): 555-564.

Soyer, A.; Ozalp, B.; Dalmış, U.; Bilgin, V. (2010). Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. Food chemistry; 120(4): 1025-1030.

Zheng, J.; Huang, T.; Yu, Y.; Hu, X.; Yang, B.; Li, D. (2012). Fish consumption and CHD mortality: an updated meta-analysis of seventeen cohort studies. Public health nutrition; 15(4): 725-737.