www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۸، جلد ۸، شماره ۲، صفحات ۲۱۲-۲۰۱
DOI: 10.22101/JRIFST.2019.07.22.828

JRIFST

استفاده از جیرهٔ غذایی غنی‌شده با پودر تفالهٔ لیمو برای پیشگیری از اکسیداسیون لیپیدی و پروتئینی ماهی کپور طی نگهداری در یخچال

الهام شعبانی[۱]، امیر سالاری[۲*]، داور شاهسونی[۳]، حسن باغیشنی[۴]

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه بهداشت مواد غذایی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استادیار، گروه بهداشت مواد غذایی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
* نویسندهٔ مسئول (a-salari@um.ac.ir)
۳- استاد، گروه بهداشت مواد غذایی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴- دانشیار، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۷

واژه‌های کلیدی
اکسیداسیون پروتئینی
پودر تفالهٔ لیمو
لیپید
ماهی کپور

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر استفاده از جیرهٔ غذایی غنی‌شده با پودر تفالهٔ لیمو بر اکسیداسیون چربی و پروتئین فیلهٔ ماهی کپور طی نگهداری در یخچال است. گروه ۱ ماهیان کپور به‌عنوان گروه شاهد، جیرهٔ پایه را دریافت کرد و گروه‌های ۲، ۳ و ۴ به‌ترتیب ۱/۵، ۳ و ۵ درصد جیرهٔ غذایی پایه، پودر تفالهٔ لیمو را دریافت کردند. بعد از پایان مطالعه (۴ هفته) ۱۰ ماهی از هر گروه به‌طور تصادفی صیدشده و پس از خارج‌نمودن احشاء، در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۳ روز نگهداری شدند و در زمان صید و طی زمان‌های نگهداری ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در یخچال، شاخص‌های اکسیداسیون لیپیدی و پروتئینی عضله ارزیابی شد. نتایج نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار شاخص‌های یادشده در گروه ۴ نسبت به سایر گروه‌های دیگر است (P<۰/۰۵). بنابراین، جیرهٔ غذایی حاوی ۵ درصد پودر تفالهٔ لیموترش به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی در جیرهٔ غذایی ماهی کپور به‌منظور بهبود وضعیت اکسیداتیو و افزایش ماندگاری فیله طی نگهداری در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد پیشنهاد می‌شود.

مقدمه

نقش آبزیان در تغذیهٔ انسان از گذشته‌های دور تاکنون کاملاً موردتوجه بوده است و این نیاز باتوجه‌به افزایش روزافزون جمعیت و به‌تبع آن نیاز بیشتر به پروتئین چشم‌گیرتر می‌شود (Salehi, 2006). ماهی حدود ۲۰ درصد مجموع پروتئین‌های حیوانی موردنیاز بشر را تأمین می‌کند. گوشت ماهی به لحاظ دارابودن پروتئین حاوی اسیدهای آمینهٔ ضروری و اسیدهای چرب چندغیراشباعی و مواد معدنی و ویتامین‌های ضروری و هضم‌پذیری بیشتر نسبت به گوشت قرمز، گوشت مرغ و غیره و بیماری‌های مشترک کمتری که بین انسان و ماهی دارد برتری فراوانی نسبت به انواع دیگر گوشت دارد (Pirouzbakht *et al.*, 2015). ماهی گونهٔ کپور معمولی[۱]، اصلی‌ترین گونهٔ خانواده ماهیان کپور بوده و پرورش این ماهی نسبتاً آسان است. در محیط‌های آلودهٔ آبی سازگاری می‌یابد و در برابر استرس، حمل‌ونقل و غلظت‌های پایین اکسیژن آب مقاوم است (Arlinghaus & Mehner, 2003).

[1] *Common carp*

ماهیان و فراورده‌های آنها باوجود ارزش غذایی بالا، در برابر فساد اکسیداتیو بسیار حساس‌اند و ویژگی‌های کیفی آنها طی نگهداری در اثر فساد باکتریایی و اکسیداتیو کاهش می‌یابد (Alibeyghi, Alizadeh Doughikollaee, & Zakipour Rahim Abadi, 2013). فرایند تخریب و کاهش کیفیت گوشت ماهی پس از مرگ در مرحلهٔ اول توسط آنزیم‌های عضلانی و در مرحلهٔ دوم به‌وسیلهٔ آنزیم‌های میکروبی ایجاد می‌شود. روندهای اکسیداتیو مهم‌ترین فاکتورهای مسئول اُفت کیفیت، طعم، رنگ و ارزش تغذیه‌ای گوشت هستند (Ghanei-Motlagh, 2013).

ثبات اکسیداتیو گوشت وابسته به توازن بین آنتی‌اکسیدان‌ها، پراکسیدان‌ها و میزان سوبستراهای اکسیداسیون شامل اسیدهای چرب غیراشباع، پروتئین‌ها، کلسترول و رنگ‌دانه‌ها می‌باشد. آسیب اکسیداتیو درنتیجهٔ عدم تعادل بین تولید رادیکال‌های آزاد و خنثی‌سازی آنها به‌وسیلهٔ مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی ایجاد می‌گردد. رادیکال‌های آزاد گونه‌های فعال اکسیژن[1] و گونه‌های فعال نیتروژن[2] می‌توانند بر لیپیدها، پروتئین‌ها و دی.ان.ای اثر سوء بگذارند.

اکسیداسیون لیپیدها باعث تشکیل رادیکال آزاد و هیدروپراکسید و محصولات اولیهٔ اکسیداسیون می‌شود که بعد از تبدیل‌شدن به محصولات ثانویهٔ اکسیداسیون نظیر آلدئیدها و کتون‌ها باعث ایجاد بدطعمی و بدرنگی در گوشت می‌شوند. علاوه‌بر این، اکسیداسیون چربی‌ها بر دناتوراسیون پروتئین‌ها و کاهش عملکرد و حلالیت آنها تأثیر دارد، ازاین‌رو ضمن اُفت کیفیت، زمان ماندگاری گوشت نیز کاهش می‌یابد (Eymard, Baron, & Jacobsen, 2009).

مالون‌دی‌آلدئید[3] (MDA) با وزن مولکولی پایین، یکی از فراوان‌ترین آلدئیدهایی است که درنتیجهٔ اکسیداسیون لیپیدی و به‌عنوان بیومارکر این نوع اکسیداسیون بشمار می‌رود (Celi, 2010). این ترکیب بسیار سمی است و واکنش آن با دی.ان.ای و پروتئین‌ها معمولاً سرطان‌زاست (Del Rio, Stewart, & Pellegrini, 2005).

اکسیداسیون پروتئین‌ها نیز در اثر استرس اکسیداتیو گوشت رخ می‌دهد. درنتیجهٔ این اکسیداسیون گروه‌های کربونیل پروتئینی به‌عنوان بیومارکر اکسیداسیون پروتئین‌ها ازطریق اکسیداسیون آمینواسیدها و یا ازطریق واکنش ثانویه با محصول‌های اولیهٔ اکسیداسیون لیپیدها و قندها ایجاد می‌شوند (Ogino & Wang, 2007).

امروزه راهکارهای مختلفی برای به‌تعویق‌انداختن فساد اکسیداتیو ماهی و فراورده‌های آن نظیر کنترل درجه‌حرارت و کاهش آن، بسته‌بندی تحت‌خلأ، بسته‌بندی در اتمسفر تغییریافته و همچنین افزودن آنتی‌اکسیدان به‌کار می‌رود (Lin & Lin, 2005).

باوجود ارزان و مؤثربودن آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی، در سال‌های اخیر گزارش‌هایی از تأثیرهای نامطلوب آنها نظیر مسمومیت، سرطان‌زایی و جهش‌زایی، استفاده از آنها را در مواد غذایی دچار تردید کرده است و ازاین‌رو به‌کارگیری آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به‌منزلهٔ جانشین آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی توصیه می‌شود. برخی تحقیق‌ها نشان داده است که کاربرد آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی سیر (Devasagayam *et al.*, 2004) و ویتامین E (Ghanei-Motlagh, 2013)، بتاکاروتن (Mohebbi, Moghaddam, Baghshani, & Shahsavani, 2016)، *اسپیرولینا پلاتنسیس*[4] (Zarifmanesh, 2015) در جیرهٔ غذایی ماهی کپور معمولی به‌طور معنی‌داری مؤثر بوده است ($P<0/05$) و باعث کاهش آسیب‌های اکسیداتیو شده است.

در سال‌های اخیر توجه زیادی به پسماندهای کارخانه‌های تولیدکنندهٔ آبمیوه و کنسانتره که حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند، معطوف شده است. باتوجه‌به ارزش تغذیه‌ای بالای تفالهٔ لیموترش از یک‌سو و تولید حجم عظیم آن و مشکلات زیست‌محیطی به‌دلیل تخمیر سریع تفاله و دفع نامطلوب آن در محیط‌زیست ازسوی‌دیگر، سبب شده است تا محققان و صنایع تبدیلی بالادستی، در فراوری و استفاده از ترکیبات مفید و سلامتی‌بخش تفاله اقدامات مهمی را به عمل آورند. یکی از این کاربردها استفاده از این تفاله در خوراک دام است (Papoutsis *et al.*, 2016).

گیاه لیموترش[5] از خانوادهٔ روتاسه‌آ[6] و بومی مناطق

[1] Reactive Oxygen Species (ROS)
[2] Reactive Nitrogen Species (RNS)
[3] Malondealdehyde

[4] *Spirulina platensis*
[5] *Citrus limon*
[6] Rutaceae

آسیاست (Mabberley, 1997). تفالهٔ لیموترش به‌طور عمده شامل پوست، هسته و بقایای پالپ حاصل از آب‌گیری می‌باشد. پوست لیموترش دارای یک پوستهٔ خارجی[1] به نام فلاودو[2] و یک پوستهٔ سفید و اسفنجی داخلی[3] به نام آلبیدو[4] می‌باشد (Mazaheri-Tehrani, Salari, & Heidari, 2006).

ترکیبات فعال‌زیستی میوهٔ لیمو، ترکیبات فنولیک (مهم‌ترین فلاونوئیدها)، ویتامین‌ها (اسید آسکوربیک، بیوتین، اسیدفولیک، پیریدوکسین، اینوزیتول و غیره)، مواد معدنی، فیبر رژیمی (پکتین)، روغن‌های اسانسی، کاروتنوئیدها و لیمونوئیدها می‌باشند (González-Molina, Domínguez-Perles, Moreno, & García-Viguera, 2010). ویتامین C و فلاونوئیدها با خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدسرطانی و فعالیت‌کنندگی محافظت در برابر بیماری‌های قلبی-عروقی و عصبی، باعث بهبود وضعیت سلامت می‌شوند (Mcharek & Hanchi, 2017).

ماهی از همان لحظه‌های بعد صید، شروع به واکنش‌های فسادپذیر می‌کند. هدف از سردکردن ماهی، افزایش مدت‌زمان ماندگاری آن با کاهش سرعت فعالیت آنزیم‌ها و باکتری‌ها و کاهش آسیب‌های شیمیایی و فیزیکی است.

اکسیداسیون لیپیدی مهم‌ترین واکنش شیمیایی ایجادشده در تخریب کیفیت ماهی طی نگهداری در یخچال است (Alinasabhematabadi, 2015). اندازه‌گیری مقادیر مالون‌دی‌آلدئید (بیومارکر اکسیداسیون لیپیدی) و گروه‌های کربونیل (بیومارکر اکسیداسیون پروتئینی) به‌عنوان روش‌های رایج آزمایشگاهی در اندازه‌گیری میزان اکسیداسیون مطرح می‌باشند (Rumley & Paterson, 1998).

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی و خشک‌کردن تفالهٔ لیمو

تفالهٔ لیموترش از واحدهای فراوری لیمو تهیه و پس از جداسازی هسته، در دمای اتاق (۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد) با رطوبت نسبی ۷۵ درصد به‌وسیلهٔ سیرکولاسیون طبیعی هوا خشک شد. سپس نمونه‌ها با دستگاه آسیاب برقی، آسیاب و مخلوط همگنی از آن تهیه شد.

[1] Epicarp
[2] Flavedo
[3] Mesocarp
[4] Albedo

اندازه‌گیری اسانس‌های فرار روغنی تفالهٔ لیموترش

این آزمون براساس روش استاندارد AOAC (۲۰۰۳) انجام شد. اسانس‌گیری با روش تقطیر با آب و به‌وسیلهٔ دستگاه کلونجر (طرح فارماکوپه انگلستان، ساخت ایران) صورت گرفت و بر اثر اختلاف چگالی آب (۱/۰۰۰ گرم بر میلی‌لیتر) با چگالی اسانس لیموترش (حدود ۰/۸۵۵-۰/۸۵۱ گرم بر میلی‌لیتر)، عمل جداسازی انجام شد. سپس اسانس جداشدهٔ لیمو جهت آزمایش بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

تعیین ترکیبات مؤثرهٔ اسانس تفالهٔ لیموترش

آنالیز شیمیایی ترکیبات مؤثرهٔ اسانس تفالهٔ لیمو توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنج جرمی (مدل Agilent Technologies 7890A، ساخت آمریکا) ارزیابی شد. نمونه‌ها به‌وسیلهٔ سولفات سدیم بی‌آب، خشک و به‌وسیلهٔ ۱ میلی‌لیتر نرمال هگزان رقیق شدند. پس از مخلوط‌کردن کامل نمونه با حلال، ۱ میکرولیتر از آن به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق گردید. دستگاه کروماتوگرافی گازی شامل دستگاه طیف‌سنج جرمی بود. دمای قسمت تزریق نمونه ۲۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد و گاز مورد استفاده، هلیم (۹۹/۹۹ درصد) با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه بود. سیستم در حالت تقسیم[5] با نسبت تقسیم[6] ۱:۱۰۰ تنظیم شده بود. ستون دستگاه از نوع مویینه با طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر بود. پس از انجام تزریقات و به‌دست‌آوردن کروماتوگرام نمونه، شناسایی و تعیین مقدار هریک از ترکیبات با استفاده از طیف‌جرمی آنها انجام شد. تعیین نوع مادهٔ ورودی به طیف‌سنج جرمی براساس داده‌های کتابخانهٔ وایلی صورت گرفت (Wiley Registry, 2012). همچنین تعیین ترکیبات اسانس با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی براساس استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۵۱۹۲ (Institute of Standards and Industrial Research of Iran [ISIRI], 1999) انجام شد.

طرح آزمایش و نمونه‌گیری از ماهی

تعداد ۱۲۰ ماهی کپور معمولی[7] سالم و تقریباً هم‌اندازه با وزنی حدود ۱۰±۶۰ گرم تهیه و بعد از ضدعفونی این ماهیان، به‌طور تصادفی به ۴ گروه ۳۰تایی تقسیم شدند.

[5] Split
[6] Split Ratio
[7] *Cyprinus carpio*

درجه‌حرارت آب در طول آزمایش برای تمام گروه‌ها ۱±۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد و میزان اکسیژن محیط ۶-۵/۵ پی.پی.ام و pH آن ۰/۵±۷/۵ در نظر گرفته شد. میزان غذای موردنیاز هم به‌طور روزانه تهیه شد و ماهیان در دو نوبت صبح و عصر تغذیه شدند. گروه ۱ به‌عنوان شاهد جیرهٔ پایه را دریافت کرد. در جیرهٔ غذای گروه ۲، ۳ و ۴ به‌ترتیب ۱/۵، ۳ و ۵ درصد پودر تفالهٔ لیمو اضافه شد. مدت‌زمان انجام مطالعهٔ تجربی ۴ هفته بوده که بعد از پایان این مدت ۱۰ ماهی از هر گروه به‌صورت تصادفی صید شدند. ماهیان پس از خروج احشا و انجام سرزنی، دم‌زنی و فلس‌گیری، با سرم فیزیولوژی مورد شست‌وشو قرار گرفتند و به‌منظور نگهداری داخل بسته‌های پلاستیکی زیپ‌دار قرار داده‌شده و در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد برای مدت ۳ روز نگهداری شدند. در زمان صفر و طی فواصل زمانی ۱ روزه پس از صید نمونه‌برداری از عضلات ناحیهٔ پشتی-میانی واقع در زیر بالهٔ پشتی انجام گرفت.

تهیهٔ عصارهٔ بافتی

نمونه‌های بافتی با بافر فسفات (۰/۰۵ مولار) به نسبت ۱:۱۰ (وزنی/حجمی) مخلوط شدند و توسط هموژنایزر، هموژنیزه شدند. سپس نمونه‌ها سانتریفیوژ (۴۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه) شدند و از مایع رویی به‌منظور سنجش پارامترهای مختلف استفاده شد (Rashidnejad, Shahsavani, & Baghshani, 2018).

سنجش پراکسیداسیون لیپیدی

از هر نمونهٔ مالون‌دی‌آلدئید (MDA) به‌عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی بر مبنای واکنش با تیوباربیتوریک اسید[1] (TBA) اندازه‌گیری شد. در این روش MDA با دو مولکول تیوباربیتوریک اسید واکنش داد و ترکیبی با رنگ متمایل به قرمز ایجاد کرد. برای انجام این آزمایش ۱۰۰ میکرولیتر از عصارهٔ بافتی تهیه‌شده داخل لولهٔ آزمایش ریخته شد. سپس ۲ سی‌سی از محلول حاوی تری‌کلرواستیک اسید ۱۵ درصد، اسیدکلریدریک ۰/۲۵ نرمال و تیوباربیتوریک اسید ۰/۳۷ درصد (به نسبت حجمی ۱:۱:۱) به لوله‌های آزمایش اضافه گردید. در ادامه ۱۵ دقیقه این لوله‌ها در بن‌ماری آب‌جوش قرار داده شدند. سپس سانتریفیوژشده و جذب نوری مایع رویی در طول موج ۵۳۲ نانومتر سنجش گردید. ضریب جذب مولی ۱۵۶۰۰۰ بر مول-سانتی‌متر برای محاسبهٔ غلظت استفاده شد (Latha & Pari, 2003).

سنجش کربونیل

میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها، به‌عنوان شاخصی از اکسیداسیون پروتئین‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در آزمون سنجش کربونیل میزان گروه‌های کربونیل پروتئین‌ها در عصارهٔ بافتی تهیه‌شده بر پایهٔ واکنش با ۲ و ۴ دی‌نیتروفنیل هیدرازین[2] سنجش گردید. برای انجام این آزمایش مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصارهٔ بافتی تهیه‌شده در داخل ۲ سری میکروتیوب ریخته شد و سپس به هر میکروتیوب ۱ سی‌سی تری‌کلرواستیک اسید ۱۰ درصد اضافه گردید. سپس این نمونه‌ها سانتریفیوژشده و پس از آن پروتئین‌های ته‌نشین‌شده جهت تعیین میزان گروه‌های کربونیل استفاده شد. برای‌این‌منظور به سری اول میکروتیوب‌ها ۱ سی‌سی محلول ۰/۲ درصد دی‌نیتروفنیل هیدرازین (در اسیدکلریدریک ۲ مولار) و به سری دوم میکروتیوب‌ها ۱ سی‌سی اسیدکلریدریک ۲ مولار اضافه شد. محتویات مخلوط و به مدت ۱ ساعت در محیط تاریک قرار داده شدند. پس از این مدت به همهٔ میکروتیوب‌ها ۰/۵ سی‌سی تری‌کلرواستیک اسید ۱۰ درصد اضافه شد و مجدداً سانتریفیوژ گردید. پس از سانتریفیوژ، پروتئین‌های ته‌نشین‌شده با محلول اتانول-اتیل استات شست‌وشو شدند و مایع رویی دور ریخته شد و سپس به همهٔ میکروتیوب‌ها ۱/۵ سی‌سی محلول گوانیدین هیدروکلراید (۶ مولار) در بافر فسفات ۲۰ میلی‌مولار اضافه شد و سپس جذب نوری محتویات در طول موج ۳۷۰ نانومتر سنجش شد. ضریب جذب مولی ۲۲۰۰۰ بر مول-سانتی‌متر برای محاسبهٔ غلظت استفاده گردید (Jiang *et al.*, 2010).

تجزیه‌وتحلیل آماری

همهٔ آزمایش‌ها براساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد و برای آنالیز آماری داده‌ها از آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون مقایسه‌ای دانکن برای مقایسهٔ میانگین‌ها مورد استفاده قرار گرفت. سطح معنی‌داری با دقت ($P<0/05$) در نظر گرفته شد. در تمامی موارد نتایج براساس میانگین و خطای معیار میانگین بیان شد.

[1] Thiobarbituric acid

[2] 2 , 4 - dinitrophenylhydrazine

بحث و نتایج

میزان ترکیبات مؤثرهٔ اسانس تفالهٔ لیموترش

نتایج حاصل از این آزمایش طبق جدول (۱)، بیشترین میزان ترکیبات مؤثرهٔ اسانس تفالهٔ لیمو را مونوترپن‌های هیدروکربنی[1] نشان دادند. نظیر دی‌لیمونن[2] به مقدار ۲۸/۸۶ درصد، اصلی‌ترین ترکیب موجود در اسانس تفالهٔ لیموترش و بعد از آن گاما-ترپینن[3] به مقدار ۱۵/۶۵ درصد در رتبهٔ دوم و بتا-پینن[4] به مقدار ۱۲/۷۲ درصد در رتبهٔ سوم ترکیبات مؤثرهٔ اسانس تفالهٔ لیمو قرار گرفتند.

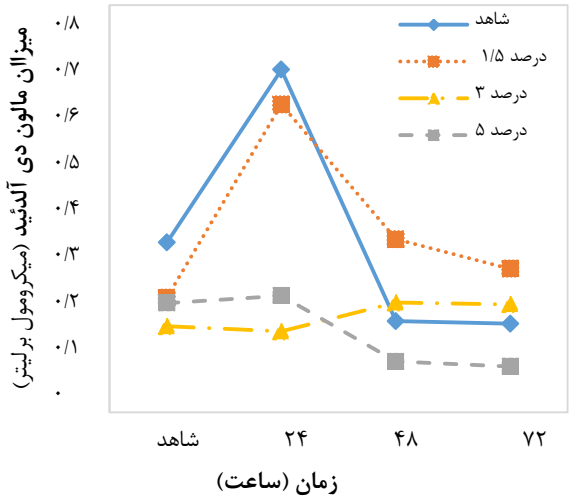
جدول ۱- تعیین کمی ترکیبات مؤثرهٔ موجود در اسانس تفالهٔ لیموترش

ردیف	نام ترکیب	درصد (وزنی/وزنی)	زمان بازداری (دقیقه)
۱	3-methylheptane	۰/۰۱	۴/۱۶
۲	1,3-dioxolane	۰/۷۲	۴/۳۲
۳	Cis-1-ethyl-3-methylcyclopentane	۱/۴۲	۴/۵۱
۴	n-octane	۸/۲۶	۴/۷۵
۵	P-cymenene	۴/۱۳	۵/۶۵
۶	linalool	۱/۱۲	۶/۹۲
۷	fenchol	۱/۲۹	۸/۱۹
۸	α-pinene	۰/۶۱	۸/۲
۹	β - pinene	۱۲/۷۲	۸/۴۸
۱۰	myrcene	۳/۹۵	۸/۵۶
۱۱	camphene	۰/۳۸	۸/۹۶
۱۲	decane	۲/۰۸	۱۰/۷۱
۱۳	m- cymenene	۲/۶۵	۱۱/۵۸
۱۴	D-limonene	۲۸/۸۶	۱۱/۷۷
۱۵	isoborneol	۱/۵۲	۱۲/۲۰
۱۶	α-terpineol	۲/۱۸	۱۲/۸۲
۱۷	Terpinene-4-ol	۱/۰۵	۱۲/۹۷
۱۸	ϒ-terpinene	۱۵/۶۵	۱۳/۹۰
۱۹	β-linalool	۲/۲۲	۱۴/۲۸
۲۰	Fenchyl alcohol	۱/۴۷	۱۴/۷۸
۲۱	Endo-borneol	۱/۷۱	۱۶/۶۶
۲۲	α- bergamotene	۲/۴۱	۲۵/۷۴
۲۳	β-bisabolene	۳/۵۹	۲۷/۹۷

میزان مالون‌دی‌آلدئید اکسیداسیون لیپیدی

براساس مطالعهٔ حاضر و طبق شکل (۱) و جدول (۲)، مقادیر مالون‌دی‌آلدئید عضله به‌دنبال مصرف پودر تفالهٔ لیمو در جیرهٔ غذایی ماهی‌ها، از زمان صفر تا زمان ۲۴ ساعت افزایش نسبتاً بالایی در میزان مالون‌دی‌آلدئید در گروه شاهد و گروه ۲ داشت. ولی در گروه‌های ۳ و ۴، افزایش در میزان مالون‌دی‌آلدئید مشاهده نشد. دلیل افزایش میزان مالون‌دی‌آلدئید در ۲۴ ساعت اول پس از صید در گروه ۱ و گروه ۲ به‌دلیل ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی اندوژن ضعیف در ماهیان پرورشی می‌باشد (Nakano, Kanmuri, Sato, & Takeuchi, 1999) و ازآنجاکه در گروه شاهد (گروه ۱)، مکمل پودر تفالهٔ لیمو به‌عنوان آنتی‌اکسیدان افزودنی وجود نداشته است و یا در گروه ۲، اثر مکمل پودر تفالهٔ لیمو کم بوده است و همچنین واکنش‌های شیمیایی پس از صید که به‌دلیل مکانیسم‌های اندوژنی اکسیدانی در سلول‌های عضله رخ می‌دهد؛ افزایش میزان مالون‌دی‌آلدئید در ۲۴ ساعت پس از صید قابل‌توجیه می‌باشد.

بعد از ۲۴ ساعت، کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید مشاهده شد و از زمان ۴۸ تا ۷۲ ساعت، افزایش در میزان مالون‌دی‌آلدئید مشاهده نشد.



شکل ۱-روند تغییرات مالون‌دی‌آلدئید (MDA) در بافت عضلهٔ ماهی طی نگهداری در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد

[1] Hydrocarbon monoterpenes
[2] D-limonene
[3] γ–terpinene
[4] β-pinene

جدول ۲- میزان MDA در بافت عضلهٔ ماهی (میکرومول بر لیتر) نمونه‌های مختلف در زمان صید و پس از صید نگهداری‌شده در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد

گروه	جیرهٔ غذایی حاوی پودر تفاله‌ی لیموترش	زمان صفر	۲۴ ساعت پس از صید	۴۸ ساعت پس از صید	۷۲ ساعت پس از صید
۱ (شاهد)	صفر	۰/۳۳^{a}	۰/۶۷^{c}	۰/۱۸^{df}	۰/۱۷^{f}
۲	۱/۵ درصد	۰/۲۳^{b}	۰/۶۰^{c}	۰/۳۴^{ab}	۰/۲۸^{b}
۳	۳ درصد	۰/۱۷^{bfg}	۰/۱۶^{bf}	۰/۲۲^{bd}	۰/۲۱^{dg}
۴	۵ درصد	۰/۲۱^{bd}	۰/۲۳^{bd}	۰/۱۰^{ef}	۰/۰۹^{e}

در گروه ۴، در زمان‌های ۴۸ تا ۷۲ ساعت کمترین میزان مالون‌دی‌آلدئید مشاهده شد. در زمان صفر، مقدار مالون‌دی‌آلدئید در هر سه گروه ۲، ۳ و ۴ نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P<۰/۰۵$). مقدار مالون‌دی‌آلدئید در زمان ۲۴ ساعت در گروه‌های ۳ و ۴ نسبت به گروه ۲ و گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P<۰/۰۵$). در زمان ۴۸ ساعت، مقدار مالون‌دی‌آلدئید در گروه ۲ نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P<۰/۰۵$). میزان مالون‌دی‌آلدئید گروه ۴ نسبت به گروه‌های ۲ و ۳ به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P<۰/۰۵$). در زمان ۷۲ ساعت، اختلاف میزان مالون‌دی‌آلدئید در همهٔ گروه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ با یکدیگر معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$).

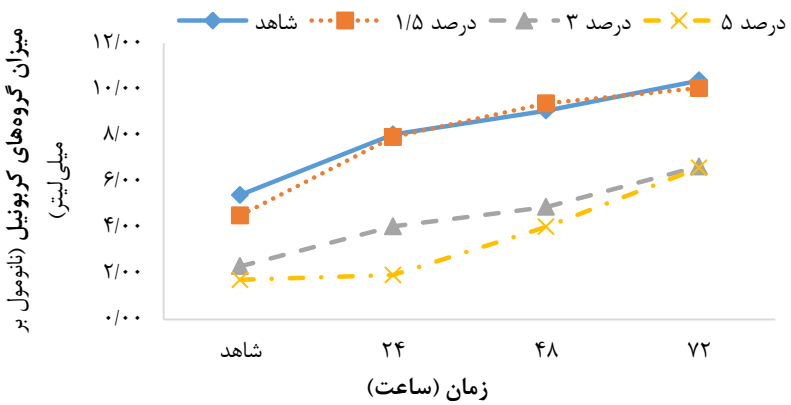
حتی میزان مالون‌دی‌آلدئید در زمان ۷۲ ساعت در گروه ۴ نسبت به زمان صفر در گروه شاهد و گروه ۲ و ۳ نیز به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P<۰/۰۵$). از نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از ۵ درصد پودر تفالهٔ لیمو به‌طور معنی‌داری باعث کاهش اکسیداسیون لیپیدی از زمان صفر تا ۷۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال می‌شود ($P<۰/۰۵$).

میزان کربونیل اکسیداسیون پروتئینی

براساس مطالعهٔ حاضر و طبق جدول (۳) و شکل (۲)، مقادیر کربونیل از زمان صفر تا ۲۴ ساعت افزایش داشت که نشان‌دهندهٔ روند بیشترین تغییرات اکسیداسیون پروتئینی در ۲۴ ساعت اول بود و بعد از زمان ۲۴ ساعت تا ۷۲ ساعت روند تغییرات عدد کربونیل به‌کندی پیش‌رفت. در گروه ۴ مقادیر کربونیل نسبت به سایر گروه‌ها کمتر بود.

جدول ۳- میزان گروه‌های کربونیل در بافت عضلهٔ ماهی (نانومول بر میلی‌لیتر) نمونه‌های مختلف در زمان صید و پس از صید نگهداری‌شده در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد

گروه	جیرهٔ غذایی حاوی پودر تفالهٔ لیموترش	زمان صفر	۲۴ ساعت پس از صید	۴۸ ساعت پس از صید	۷۲ ساعت پس از صید
۱ (شاهد)	صفر	۵/۴۱^{a}	۸/۰۴^{c}	۹/۰۸^{c}	۱۰/۳۸^{c}
۲	۱/۵ درصد	۴/۵۱^{a}	۷/۹۳^{c}	۹/۳۹^{c}	۱۰/۰۵^{c}
۳	۳ درصد	۲/۳۲^{b}	۴/۰۵^{ad}	۴/۸۹^{af}	۶/۶۵^{g}
۴	۵ درصد	۱/۷۲^{b}	۱/۹۳^{be}	۴/۰۳^{af}	۶/۵۸^{afg}



شکل ۲- روند تغییرات کربونیل در بافت عضلهٔ ماهی طی نگهداری در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد

مقادیر کربونیل گروه‌های ۴ و ۳ در هر ۴ زمان صفر، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت نسبت به گروه شاهد و گروه ۲ به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P<۰/۰۵$) و گروه ۲ در همهٔ زمان‌ها نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$). از نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از ۵ درصد پودر تفالهٔ لیمو به‌طور معنی‌داری باعث کاهش اکسیداسیون پروتئینی از زمان صفر تا ۷۲ ساعت نگهداری در دمای یخچال شد ($P<۰/۰۵$). ماهی غنی از اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA[1]) می‌باشد و همچنین سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی آن کفایت لازم را ندارد و بنابراین بسیار مستعد به آسیب‌های اکسیداتیو می‌باشد (Naeiji, Shahsavani, & Baghshani, 2013).

نظر به نقش آنتی‌اکسیدانی و محافظتی پودر تفالهٔ لیمو در جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌های گوشت، استفاده از آن در جیرهٔ خوراکی ماهی کپور به‌منظور افزایش کیفیت گوشت و افزایش مدت‌زمان ماندگاری پیشنهاد می‌شود. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی تفالهٔ لیمو نظیر: فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک و کاروتنوئیدها و روغن‌های اسانسی به‌عنوان کاهنده، قادر به مهار Fe^{3+} ناشی از اکسیداسیون هستند و یا واکنش مولکول‌های اکسیژن با رادیکال‌های آزاد را خنثی می‌کنند (Ozsoy, Candoken, & Akev, 2009).

همچنین فلاونوئیدها تشدیدکنندهٔ خواص آنتی‌اکسیدانی سایر اکسیدان‌ها نظیر ویتامین C نیز هستند (Banerjee, Ecavade, & Rao, 1993). خاصیت آنتی‌اکسیدانی ویتامین C، مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان موجود در تفالهٔ لیمو، بر پایهٔ توانایی‌دادن هیدروژن به رادیکال‌های آزاد لیپیدها و پروتئین‌ها و دی.ان.ای و غیرفعال‌کردن آنهاست (Harats *et al.*, 1998). در تحقیق حاضر، نتیجهٔ آنالیز ترکیبات مؤثرهٔ اسانس تفالهٔ لیموترش، بیشترین مقدار ترکیبات به‌ترتیب دی‌لیمونن، گاما-ترپینن و بتا-پینن تعیین شد که هر سه از ترکیبات مونوترپن‌های هیدروکربنی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند (Yu, Yan, & Sun, 2017). در تطابق و همسو با نتایج این تحقیق، González-Molina و همکاران (۲۰۱۰) میزان اسانس‌های فرار روغنی میوهٔ لیمو را با دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنج جرمی ارزیابی کردند و دی‌لیمونن بیشترین مقدار را در بین ترکیبات داشت.

همچنین Espina و همکاران (۲۰۱۱) اسانس ۳ میوه از مرکبات (پرتقال، نارنگی و لیموترش) را بررسی کردند و نتایج آنالیز کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنج جرمی نشان داد که دی‌لیمونن ترکیب اصلی اسانس این مرکبات بود. Zhang، Lv، Xu و Zhang (۲۰۱۸) نیز میزان اسانس‌های فرار روغنی پوست لیمو را با دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنج جرمی بررسی کردند و ترکیب اصلی دی‌لیمونن ارزیابی شد. در تأیید تحقیق‌های انجام‌شدهٔ یادشده نتایج تحقیق حاضر نیز به همین صورت بود. در تحقیق حاضر، افزودن مقادیر مختلف پودر تفالهٔ لیموترش (۱/۵، ۳ و ۵ درصد) به‌عنوان آنتی‌اکسیدان به جیرهٔ غذایی پایهٔ ماهی‌ها و تأثیر این مقادیر بر میزان مالون‌دی‌آلدئید اکسیداسیون لیپیدی و گروه‌های کربونیل اکسیداسیون پروتئینی در مقایسه با نمونه‌های شاهد در زمان صفر و زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از صید و نگهداری در یخچال بررسی شد و اختلاف معنی‌دار شاخص مالون‌دی‌آلدئید بین ماهیان گروه ۳ نسبت به ماهیان گروه ۲ و شاهد مشاهده شد ($P<۰/۰۵$) و اختلاف معنی‌دار شاخص مالون‌دی‌آلدئید بین ماهیان گروه ۴ نسبت به ماهیان گروه ۳، ۲ و شاهد نیز مشاهده شد ($P<۰/۰۵$) و در اکسیداسیون پروتئینی بین ماهیان گروه ۳ و ۴ نسبت به گروه ۲ و گروه شاهد اختلاف معنی‌دار شاخص گروه‌های کربونیل مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). بین ماهیان گروه ۳ با ماهیان گروه ۴ اختلاف شاخص گروه‌های کربونیل معنی‌دار نبود، اما طبق نتایج به‌دست‌آمده به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تر جیرهٔ حاوی ۵ درصد پودر تفالهٔ لیموترش، این مقدار به‌عنوان آنتی‌اکسیدان افزودنی پیشنهاد می‌شود.

در تطابق با نتایج این تحقیق، مطالعهٔ Ghanei-Motlagh (۲۰۱۳) قرار دارد، اضافه‌کردن سیر و ویتامین E به‌عنوان آنتی‌اکسیدان باعث کاهش اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌های گوشت ماهی کپور در زمان‌های مختلف نگهداری شده است. Nobakht و Amiridashatan (۲۰۱۳) گزارش کردند که استفاده از مقادیر مختلف تفالهٔ خشک لیموترش در جیرهٔ غذایی بوقلمون‌های گوشتی باعث کاهش مقدار چربی بطنی و غلظت کلسترول بد (LDL[2]) شده است. Naghoos، Hoseini و Farhangfar (۲۰۱۴) گزارش کردند که استفاده از سطوح مختلف کلالهٔ زعفران بر کیفیت گوشت ران در جوجه‌های گوشتی باعث کاهش

[1] Poly unsaturated fatty acids

[2] Low-density lipoprotein

مالون‌دی‌آلدئید شده است. Mohebbi Moghaddam و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر مکمل غذایی بتا-کاروتن بر وضعیت اکسیداتیو در بافت ماهی کپور معمولی را بررسی کردند و بتا-کاروتن به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی در بهبود وضعیت اکسیداتیو مؤثر بوده است. Luciano و همکاران (۲۰۱۷) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت برهٔ تغذیه‌شده با پالپ مرکبات خشک‌شده به همراه ویتامین E بررسی کردند که نتیجهٔ آن افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت بره گزارش شد. همچنین Beltrán، Espinosa، Guardiola و Esteban (۲۰۱۷) اثرات پوست لیموی خشک‌شده بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی یک نوع ماهی گیلت هد[1] به نام اسپاروس آراتا[2] را بررسی کردند و نتیجهٔ آن افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بود.

نتیجه‌گیری

نظر به تحقیق‌های یادشده و همتای با تحقیق حاضر، افزودن ۵ درصد پودر تفالهٔ لیموترش باتوجه‌به دردسترس‌بودن و ارزان‌قیمت‌بودن و به‌عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی جهت بهبود کیفیت گوشت ماهی و افزایش زمان ماندگاری آن، به‌تنهایی یا همراه با سایر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی پیشنهاد می‌شود.

منابع

Alibeyghi, T., Alizadeh Doughikollaee, E., & Zakipour Rahim Abadi, E. (2013). Antioxidant effect of orange peel extract on the quality of common carp (Cyprinus Carpio) fillet during refrigerated storage (4°c). *Journal of Fisheries. Iranian Journal of Natural Resourse, 66*(2), 185-197. (in Persian). doi:https://doi.org/10.22059/jfisheries.2013.35694

Alinasabhematabadi, L. (2015). *Protein oxidation in Atlantic mackerel (Scomber scombrus) during chilled and frozen storage.* (mastre's thesis), NTNU, Retrieved from https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2351628/8731_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AOAC. (2003). Official methods of analysis of AOAC International. USA Association of Official Analytical Chemistry. In.

Arlinghaus, R., & Mehner, T. (2003). Socio-economic characterisation of specialised common carp (Cyprinus carpio L.) anglers in Germany, and implications for inland fisheries management and eutrophication control. *Fisheries Research, 61*(1-3), 19-33. doi:https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00243-6

Banerjee, S., Ecavade, A., & Rao, A. (1993). Modulatory influence of sandalwood oil on mouse hepatic glutathione S-transferase activity and acid soluble sulphydryl level. *Cancer Letters, 68*(2-3), 105-109. doi:https://doi.org/10.1016/0304-3835(93)90135-V

Beltrán, J. M. G., Espinosa, C., Guardiola, F. A., & Esteban, M. Á. (2017). Dietary dehydrated lemon peel improves the immune but not the antioxidant status of gilthead seabream (Sparus aurata L.). *Fish & Shellfish Immunology, 64*, 4, 426-436. doi:https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.042

Celi, P. (2010). The role of oxidative stress in small ruminants' health and production. *Revista Brasileira de Zootecnia, 39*, 348-363. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001300038

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. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001300038

[1] Gilt-head sea bream
[2] *Sparus auruta* L.

Devasagayam, T., Tilak, J., Boloor, K., Sane, K. S., Ghaskadbi, S. S., & Lele, R. (2004). Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. *Journal of the Association of Physicians of India*, *52*(794804), 4 .

Espina, L., Somolinos, M., Lorán, S., Conchello, P., García, D., & Pagán, R. (2011). Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. *Food Control*, *22*(6), 896-902. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.11.021

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), 57-67. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.030

Ghanei-Motlagh, R. (2013). *Investigation of the protective effect of garlic and vitamin E in prevention of lipid and protein oxidation in carp meat during diferent storage times.* (Unpublished Doctoral dissertation), Ferdowsi University of Mashhad , (in Persian)

González-Molina, E., Domínguez-Perles, R., Moreno, D., & García-Viguera, C. (2010). Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *51*(2), 327-345. doi:https://doi.org/10.1016/j.jpba.2009.07.027

Harats, D., Chevion, S., Nahir, M., Norman, Y., Sagee, O., & Berry, E. M. (1998). Citrus fruit supplementation reduces lipoprotein oxidation in young men ingesting a diet high in saturated fat: presumptive evidence for an interaction between vitamins C and E in vivo. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *67*(2), 240-245. doi:https://doi.org/10.1093/ajcn/67.2.240

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1999). Essential analysis by gas chromatography on packed columns General methods. (ISIRI Standard No. 5192). Retrieved from http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=971 (in Persian)

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. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.062

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*(1-2), 23-28. doi:https://doi.org/10.1023/A:1021697311150

Lin, C-.C., & Lin, C.-S. (2005). Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by glazing with tea extracts. *Food Control*, *16*(2), 169-175. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.01.007

Luciano, G., Roscini, V., Mattioli, S., Ruggeri, S., Gravador, R., Natalello, A., . . . Priolo, A. (2017). Vitamin E is the major contributor to the antioxidant capacity in lambs fed whole dried citrus pulp. *animal*, *11*(3), 411-417. doi:https://doi.org/10.1017/S1751731116001683

Mabberley, D. J. (1997). A classification for edible Citrus (Rutaceae). *Telopea*, *7*(2), 167-172 .

Mazaheri-Tehrani, M., Salari, A., & Heidari, A. (2006). The Bitterness of lime byproducts for preparation marmalade and drink. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *2*(2), 53-60) .in Persian). doi:https://doi.org/10.22067/ifstrj.v2i2.342

Mcharek, N., & Hanchi, B. (2017). Maturational effects on phenolic constituents, antioxidant activities and LC-MS/MS profiles of lemon (Citrus limon) peels. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, *90*, 1-9. doi:https://doi.org/10.5073/JABFQ.2017.090.001

Mohebbi Moghaddam, M., Baghshani, H., & Shahsavani, D. (2016). Effect of dietary β-carotene supplementation on some oxidative status biomarkers in common carp (Cyprinus Carpio) tissues. *Journal of Aquaculture Development*, *10*(4), 103-111. (in Persian) .

Naeiji, N., Shahsavani, D., & Baghshani, H. (2013). Effect of dietary garlic supplementation on lipid peroxidation and protein oxidation biomarkers of tissues as well as some serum biochemical parameters in common carp *Cyprinus carpio*. *Fisheries Science, 79*(4), 699-705. doi:https://doi.org/10.1007/s12562-013-0629-2

Naghoos, M., Hoseini, S. M., & Farhangfar, H. (2014). Effect of different levels of saffron's stigma on thigh meat quality in broiler .*Journal of Saffron Researches, 4*(1), 1-14. (in Persian). doi:https:/doi.org/10.22077/jsr.2016.389

Nakano, T., Kanmuri, T., Sato, M., & Takeuchi, M. (1999). Effect of astaxanthin rich red yeast (*Phaffia rhodozyma*) on oxidative stress in rainbow trout. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects, 1426*(1), 119-125. doi:https://doi.org/10.1016/S0304-4165(98)00145-7

Nobakht, A., & Amiridashatan, B. (2013). Effect of different levels of dried lemon (*Citrus aurantifulid*) pulp on performance, carcass and blood parameters on meat type turkeys. *Animal Production Research, 3*(2), 9-17. (in Persian) .

Ogino, K., & Wang, D. H. (2007). Biomarkers of oxidative/nitrosative stress: an approach to disease prevention. *Acta Med Okayama, 61*(4), 181-189. doi:https://doi.org/10.1892/۶AMO/32871

Ozsoy, N., Candoken, E., & Akev, N. (2009). Implications for degenerative disorders: antioxidative activity, total phenols, flavonoids, ascorbic acid, beta-carotene and beta-tocopherol in Aloe vera. *Oxid Med Cell Longev, 2*(2), 99-106 .

Papoutsis, K., Pristijono, P., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E., Scarlett, C. J., Bowyer, M. C., & Van Vuong, Q. (2016). Impact of different solvents on the recovery of bioactive compounds and antioxidant properties from lemon (Citrus limon L.) pomace waste .*Food Science and Biotechnology, 25*(4), 971-977. doi:https://doi.org/10.1007/s10068-016-0158-8

Pirouzbakht, M. J., Khanzadi, S., Shahsavani, D., & Baghshani, H. (2015). *Investigation some biomarkers of oxidative status of common carp (Cyprinus Carpio) meat during different storage times*. Paper presented at the 1th International Conference on Food Industry, Tehran, Iran. Center of Iranian Development Conferences. http://www.civilica.com/paper-fific01-fific01_033=cyprinus-carpio-.html (in Persian)

Rashidnejad, A., Shahsavani, D., & Baghshani, H. (2018). Investigation of the Protective Effect of β-carotene in the Prevention of Lipid and Protein Oxidation in Carp Meat during Different Storage Times. *Journal of Aquatic Food Product Technology, 27*(8), 870-875. doi:https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1506959

Rumley, A., & Paterson, J. (1998). Analytical aspects of antioxidants and free radical activity in clinical biochemistry. *Annals of Clinical Biochemistry, 35*(2), 181-200. doi:https://doi.org/10.1177/000456329803500202

Salehi, H. (2006). An analysis of the consumer market for carp and carp products in Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences, 5*(2), 83-110 .

Wiley Registry. (2012). NIST.2012 Mass Spectral Library (Upgrade). In (Vol. 10th Edition).

Yu, L., Yan, J., & Sun, Z. (2017). D-limonene exhibits anti-inflammatory and antioxidant properties in an ulcerative colitis rat model via regulation of iNOS, COX-2, PGE2 and ERK signaling pathways. *Molecular Medicine Reports, 15*(4), 2339-2346. doi: https://doi.org/10.3892/mmr.2017.6241

Zarifmanesh, A. (2015). *Study the effect of Spirulina platensis on some indicators of oxidative status in carp diet.* . (Unpublished doctoral dissertation), Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian) ,

Zhang, L .L., Lv, S., Xu, J. G., & Zhang, L. F. (2018). Influence of drying methods on chemical compositions, antioxidant and antibacterial activity of essential oil from lemon peel. *Natural Product Research*, *32*(10), 1184-1188. doi: https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1320791

The Use of Dietary Enrichment with Lemon Pomace Powder for the Prevention of Lipid and Protein Oxidation in Carp during Storage at Refrigerator

Elham Shabani[1], Amir Salari[2*], Davar Shahsavani[3], Hasan Baghishani[4]

1- MSc Student, Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Assistant Professor, Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
*Corresponding author (a-salari@um.ac.ir)
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

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of dietary enrichment with lemon pomace powder on lipid and protein oxidation of carp fillets during storage at refrigerator. Group 1 of carps as control group was fed with basic diet and groups 2, 3 and 4 were fed with 1.5, 3 and 5% lemon pomace powders, respectively. After the end of the study (4 weeks), 10 fish from each group were randomly captured and stored at 4 °C for 3 days. At the capture time and during storage times, 24, 48 and 72 hours at refrigerator, lipid and protein oxidation parameters of the muscle were evaluated. The results indicated a significant difference in the mentioned indices in group 4 compared to other groups ($P<0.05$). Therefore, a diet containing 5% lemon pomace powder is suggested as a natural antioxidant in carp diet to improve the oxidative status and increase the shelf life of the fillet during storage at 4 °C.

Keywords: Carp, Lemon pomace powder, Lipid, Protein oxidation