نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر/ ISSN: 2008-0026 سال یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۹۶ / صفحات: ۸۶-۷۵

اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره آبی چای سبز بر پایداری و کیفیت فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) در دمای یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد

*فاطمه نوغانی[۱]، قربان زارع‌گشتی[۱] و صغری کمالی[۱]

[۱]مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور، بخش تحقیقات فرآوری آبزیان، بندرانزلی

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۹

چکیده

به‌کار بردن عصاره‌های طبیعی، به‌منزله یکی از منابع مناسب آنتی‌اکسیدانی، برای بهبود کیفیت ماهی و فرآورده‌های آن در حال افزایش است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیرات آنتی‌اکسیدانی عصاره آبی چای سبز در کیفیت فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای هنگام نگهداری در دمای یخچال (٤ درجه سانتی‌گراد) بوده است. نمونه‌ها با غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره چای سبز تیماربندی گردیده و به‌صورت معمولی بسته‌بندی گردیده (NP) و در دمای یخچال نگهداری شده و در ادامه شاخص‌های شیمیایی و آنزیمی فساد چربی شامل پراکسید، اسیدهای چرب آزاد (FFA)، تیوباربیتوریک اسید (TBARS)، pH و ارزیابی حسی در زمان‌های ۰، ٤، ۸، ۱۲ و ۱٦ روز، با ۳ تکرار اندازه‌گیری شد و با نمونه‌های شاهد فاقد عصاره مقایسه گردید. نتایج نشان داد عصاره چای سبز در تمامی زمان‌های آزمایش، اکسیداسیون چربی را به شکل معناداری (P<۰/۰۵) به تعویق انداخت. نتایج ارزیابی حسی بیانگر تأثیر مثبت در خصوصیات حسی فیله‌ها طی دوره نگهداری بوده و در نهایت براساس نتایج این مطالعه، فیله‌های تیمارشده با عصاره ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام نسبت به سایر تیمارها تا پایان دوره نگهداری بهتر از سایر تیمارها حفظ گردیده بودند.

واژه‌های کلیدی: اکسیداسیون چربی، عصاره چای سبز، فیله، کپور نقره‌ای، گوشت چرخ‌شده

مقدمه

کیفیت ماهی و محصولات دریایی در صنایع شیلاتی یکی از با اهمیت‌ترین موضوعات در صنعت فرآوری آبزیان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (Mexis و همکاران، ۲۰۰۹). تجربیات به‌دست آمده طی دهه گذشته در مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان در زمینه تولید گوشت چرخ‌شده کپور نقره‌ای (Silver carp minced) (SCM) و فیله ماهی کپور نقره‌ای نشان داده که این محصول با توجه به اختصاصات تغذیه‌ای و همچنین بهای مناسب می‌تواند از بازارپسندی مناسب برخوردار بوده و تا حد قابل‌ملاحظه‌ای مشکلات عرضه این آبزی را مرتفع سازد کوتاه بودن عمر ماندگاری این دو محصول در شرایط نگهداری در یخچال از جمله موانع توسعه تولید صنعتی آن به‌شمار می‌رود (جلیلی، ۱۳۸۸).

برای به تعویق انداختن فساد اکسیداتیو ماهی و فرآورده‌های آن راهکارهای متعددی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به کنترل درجه حرارت و کاهش آن، بسته‌بندی افزودن آنتی‌اکسیدان اشاره کرد (Lin و Lin، ۲۰۰۵). تأثیرات نامطلوب آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی از جمله جهش‌زایی، ایجاد مسمومیت و سرطان‌زایی

* نویسنده مسئول: fnoghani@yahoo.com

موجب شده است که امروزه کاربرد آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به منزله جانشین آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی توصیه شود (Sakanaka و همکاران، ۲۰۰۵).

برگ چای تنها محصول غذایی دارای EGCG، یک ترکیب فعال دارای ۸ گروه آزاد OH بوده که مشخص شده دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی است (Gramza و همکاران، ۲۰۰۶). ترکیبات مذکور از بین برنده رادیکال‌های آزاد و چلات‌کننده فلزات هستند و از رونوشت‌سازی آنزیم‌ها و فساد آنزیمی جلوگیری می‌کنند. دارای فعالیت‌های مفید ضد باکتریایی نیز هستند که این خصوصیات نشان‌دهنده توانایی بالای آن‌ها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان و نگهدارنده در صنایع غذایی به‌خصوص در زمینه نگهداری و حفظ فرآورده‌های گوشتی می‌باشد (Higdon و Frei، ۲۰۰۳؛ Manzocco و همکاران، ۱۹۹۸؛ Tang و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین پلی‌فنول‌های چای نقش مهمی در حفظ ونگهداری پروتئین ایفا می‌نمایند (Cartriona، ۱۹۸۸). پژوهش‌های انجام‌شده در زیر در ارتباط با عصاره چای سبز می‌باشد:

تأثیر استفاده از عصاره چای سبز بر روی روغن آفتابگردان (میراحمدی و همکاران، ۱۳۷۸)، فیله دودی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (پورحمزه و همکاران، ۱۳۹۳)، کیلکای معمولی حین نگهداری در یخ (اجاق و همکاران، ۱۳۸۳)، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (محمدزاده و همکاران، ۱۳۸۹)، گوشت ماهی منهادن (*Brevoortia tyrannus*) (He و Shahidi، ۱۹۹۷)، روغن‌های تصفیه و بی‌رنگ‌شده دریایی (*seal blubber oil* و *Menhaden oil*) (Wanasundara و Shahidi، ۱۹۹۸)، گوشت چرخ‌کرده ماهی‌های سفید و ماکرل (Tang و همکاران، ۲۰۰۱)، اکسیداسیون چربی در ماهی اسپرات آبی (*Blue sprat*) (Seto و همکاران، ۲۰۰۵)، فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز عضله ماهی ماکرل (*Scomber scomber*) (Banerjee، ۲۰۰۶) و ماهی کپور نقره‌ای حین نگهداری در یخ (Fan و همکاران، ۲۰۰۸)، نشان داده‌اند. علی‌رغم ویژگی‌های بسیار مفید ترکیبات پلی‌فنول موجود در چای، لازم است در هنگام استفاده از این ترکیبات به تأثیر نامطلوب آن بر ویژگی‌های حسی مواد غذایی و همچنین تخمیر قوی ترکیبات غذایی توجه نمود (Gramza و همکاران، ۲۰۰۶). استفاده از روش‌های ترکیبی جهت افزایش مدت زمان ماندگاری فرآورده‌های غذایی با حداقل دستکاری و فرایند، امروزه بسیار رواج یافته است. بنابراین، با توجه به تأمین ماهی با کیفیت و کاربرد آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به‌جای آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی برای افزایش زمان ماندگاری بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره چای سبز در کیفیت گوشت چرخ‌شده و فیله ماهی کپور نقره‌ای است.

در این پژوهش اثرات استفاده توأم دو عامل کاهش دما و عصاره آبی چای سبز (GTE) بر تغییرات شیمیایی و حسی فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای در دمای یخچال (٤ درجه سانتی‌گراد) مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌ها: این پژوهش به روش تجربی و با استفاده از تکنیک مشاهده و در یک طرح کاملاً تصادفی انجام شده است. ماهی کپور نقره‌ای با میانگین (± انحراف معیار) وزن ۱۷۹±۷۸۵ گرم (اندازه بازاری ارزان‌قیمت‌تر) در فصل بهار به‌صورت زنده از استخرهای پرورش ماهی در استان گیلان (حومه شهر رشت) تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. ماهی‌ها بلافاصله با یخ‌پوشی مناسب با یخ‌پودر و در مخازن عایق به مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان (بندرانزلی، گیلان) منتقل و پس از توزین به‌صورت انفرادی، تا شروع عملیات همراه با یخ در دمای

یخچال (٤> درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. تولید فیله و گوشت چرخ‌کرده بر اساس روش و شرایط متداول در مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان صورت گرفته است. عمل فیله کردن ماهی‌ها به روش دستی و جهت تولید گوشت چرخ شده پس از شستشوی کامل و آبگیری فیله‌ها با استفاده از دستگاه استخوان‌گیر مدل SEPAmatic (Germany) با قطر سوراخ استوانه ۲ میلی‌متر، پوست و استخوان‌ها جدا شده و تبدیل به خمیر ماهی شدند. فیله‌ها به‌نحوی تهیه شدند که هر فیله حدود ۱۰۰ گرم وزن داشت. همچنین بر اساس مطالعه Shahidi و Wanasundara (۱۹۹۲)، غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره چای سبز پیشنهاد گردید. در این مرحله نمونه شاهد (بدون عصاره) از فیله و گوشت چرخ‌شده برداشته شده و به‌صورت معمولی (Aerobic) در کیسه‌های نایلونی، جنس پلی‌وینیلیدین کلراید (PVDC) با ضخامت ۱۷۰ میکرون با ویژگی ممانعت‌کنندگی نسبت به نفوذ رطوبت و گاز بسته‌بندی گردید (Germany - A300/16 –Multi VAC). به باقی‌مانده نمونه‌ها، GTE به روش زیر اضافه گردید:

به گوشت چرخ‌شده ماهی میزان هزار میلی‌گرم در کیلوگرم از عصاره اضافه شده و پس از آن خمیرهای ماهی حاوی عصاره، که به خوبی و با همزن خانگی یکنواخت گردیده و به‌صورت معمولی بسته‌بندی شدند و به فیله‌های ماهی محلول ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شده از عصاره چای سبز به‌مدت ۹۰ دقیقه غوطه‌ور گردیدند (Shahidi و Wanasoundara، ۱۹۹۲) سپس بلافاصله به‌صورت معمولی بسته‌بندی شدند.

بدین‌ترتیب تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش به قرار زیر به‌دست آمد:

تیمار ۱ (AP): گوشت چرخ‌شده بدون عصاره در بسته‌بندی معولی

تیمار ۲ (MAP): فیله ماهی کپور نقره‌ای بدون عصاره در بسته‌بندی معمولی

تیمار ۳ (AP+GTE): گوشت چرخ‌شده با عصاره ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در بسته‌بندی معمولی

تیمار ٤ (MAP+GTE): فیله ماهی کپور نقره‌ای با عصاره ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در بسته‌بندی معمولی

استخراج عصاره آبی چای سبز: برگ‌های سبز چای پس از برداشت (ایستگاه تحقیقات چای رضوانشهر، گیلان) در کوتاه‌ترین زمان ممکن (کم‌تر از ۲ ساعت) به آزمایشگاه چای‌سازی کارخانه تحقیقاتی کاشف (لاهیجان) منتقل شد. آنزیم‌بری برگ‌های سبز چای با بخار (steaming) درون سبد فلزی، به‌مدت ۲ دقیقه در قسمت بالای ظرف آب جوش، در معرض بخار ۲±۹۸ درجه سانتی‌گراد انجام شد. عملیات مالش برگ‌های خنک‌شده به‌مدت ۲۰ دقیقه در دستگاه مالش مینی‌چر ارتدکس صورت گرفت. به‌منظور کاهش رطوبت نهایی (تا حدود ٤ درصد) و همچنین کیفیت بهتر عمل مالش، خشک کردن برگ‌ها تا ۲ بار تکرار شد. در نهایت تهیه عصاره چای سبز به‌روش (Seto و همکاران، ۲۰۰۵) انجام گرفت.

اندازه‌گیری کل ترکیبات پلی‌فنول: اندازه‌گیری پلی‌فنول‌ها به روش رنگ‌سنجی طبق پروتکل ارایه شده توسط ISO/FDIS 14502-1,2004 انجام شد. برای محاسبه میزان کل ترکیبات پلی‌فنول بر حسب میکروگرم اسیدگالیک، ابتدا با استفاده از محلول استاندارد اسیدگالیک انهیدروس با غلظت‌های ۱۰ تا ٦۰ میکرومول، منحنی استاندارد رسم گردید. یک میلی‌لیتر از محلول‌ها با ۵ میلی‌لیتر معرف فولین‌سیو کالتوفنول ۱۰٪ (w/v) مخلوط و حداقل ۳ دقیقه ورتکس انجام گرفت. در ادامه ۲ میلی‌لیتر محلول کربنات‌سدیم ۷/۵ درصد (w/w) به آن اضافه شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۷٦۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (JENWAY- 6305) به‌دست آمد.

روش اندازه‌گیری متغیرهای شیمیایی نمونه‌ها: اندازه‌گیری پراکسید (PV) نمونه‌ها به روش لی و با استخراج

سرد کلروفرمی انجام شده است (پروانه، ۱۳۸٦). اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد (FFA) به روش تیتراسیون و بر حسب درصد اسیداولئیک صورت گرفت (پروانه، ۱۳۸٦). اندازه‌گیری مواد واکنشگر با تیوباربیتوریک اسید (TBARS) به روش رنگ‌سنجی، پس از افزودن معرف TBA و قرائت مقدار جذب در طول موج ۵۳۲ نانومتر و محاسبه بر حسب میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم نمونه انجام شد (Natseba و همکاران، ۲۰۰۵). تعیین مقدار pH با مخلوط کردن مقدار ۲۰ گرم نمونه در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، توسط دستگاه pH متر (مدل Az86p3) صورت گرفت (پروانه، ۱۳۸٦).

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 17 انجام پذیرفت و جهت نشان دادن اختلاف معنی‌دار آماری از آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA و تست جداساز Duncan در سطح اطمینان ٤ درصد استفاده شد. همچنین جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Exel استفاده گردید.

نتایج

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان ترکیبات کل پلی‌فنول در GTE مورد استفاده به‌طور میانگین، در ٤ نمونه مورد بررسی، ۱٤/۳۳±۰/۸۸ میکروگرم پلی‌فنول در میلی‌لیتر عصاره چای سبز بود.

تغییرات PV تیمارهای مورد بررسی طی روزهای مختلف نگهداری در جدول ۱ نشان داده شده است. با گذشت زمان PV در تمامی تیمارها افزایش یافته ولی این افزایش در تیمار ۱ (گوشت چرخ‌شده ماهی بدون GTE در بسته‌بندی معمولی)، که در انتهای دوره به ۱۱/۲±۰/۳ $meqO_2/kg$ رسید، بیش‌ترین میزان بوده است. مقایسه تیمارهای مختلف با یکدیگر نشان می‌دهد که تیمار ٤ فیله ماهی GTE^+ نسبت به سایر تیمارها دارای اثر محافظت‌کنندگی بیش‌تری بوده به‌طوری‌که کمترین PV (٦/۸۳±۰/۱٤ $meqO_2/kg$) در انتهای دوره نگهداری (روز ۱٦) در این تیمار مشاهده گردید. اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای بین PV به‌دست آمده برای تیمارهای مختلف و طی مدت نگهداری در یخچال مشاهده گردید ($P<0/05$).

جدول ۱- نتایج اندازه‌گیری عدد پراکسید (PV)* تیمارهای مختلف فیله و گوشت چرخ‌شده کپور نقره‌ای طی نگهداری در یخچال

تیمارها	روز تولید	روز ٤	روز ۸	روز ۱۲	روز ۱٦
گوشت چرخ‌شده بدون عصاره	۰ ± ۰^{a}	۰/۸۲ ± ۰/۱^{b}	٤/۲۵ ± ۰/۳^{c}	۸/۷۵ ± ۰/۲^{d}	۱۱/۲ ± ۰/۳^{e}
فیله ماهی بدون عصاره	۰ ± ۰^{a}	۰/۸۱ ± ۰/۰۷^{b}	۳/٤ ± ۰/۰۱^{c}	۸/٦۱ ± ۰/۰۲^{d}	۱۰/۷ ± ۰/۰۷^{e}
گوشت چرخ‌شده GTE^+	۰ ± ۰^{a}	۰/۷۷ ± ۰/۱^{b}	۲/۷ ± ۰/۳^{c}	٤/۹ ± ۰/۲^{d}	۷/۱ ± ۰/۲^{e}
فیله ماهی کپور نقره‌ای GTE^+	۰ ± ۰^{a}	۰/۵۳ ± ۰/۱^{b}	۱/۹ ± ۰/۱٤^{c}	۳/۳ ± ۰/۲۸^{d}	٦/۸۳ ± ۰/۱٤^{e}

* بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم نمونه (میانگین ± انحراف معیار).

** حروف متفاوت بزرگ در ستون‌ها و کوچک در ردیف‌ها، به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها و در زمان‌های مختلف نگهداری می‌باشد ($P<0/05$).

مقادیر اندازه‌گیری‌شده FFA طی مدت نگهداری، در تیمارهای مورد بررسی درجدول ۲ آورده شده است. آنالیز واریانس دوطرفه تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مورد آزمون در زمان‌های مختلف را نشان داد ($P<0/05$). با گذشت زمان در تمامی تیمارها مقدار FFA افزایش یافته ولی این افزایش در تیمار ۱ (گوشت چرخ‌شده ماهی بدون GTE با بسته‌بندی معمولی) و سریع‌تر از سایر تیمارها رخ داده،

به‌طوری‌که در انتهای دوره دارای بیش‌ترین مقدار (۰/٤ ± ۲/۲۳) بود. مقایسه داده‌های حاصل از تیمارهای مختلف بیانگز این نکته است که از روز ۸ تا انتهای دوره، مقدار FFA در تیمار ۱ (گوشت چرخ‌شده ماهی بدون GTE در بسته‌بندی معمولی) و تیمار ۲ (فیله ماهی کپور نقره‌ای بدون GTE در بسته‌بندی معمولی) نسبت به بقیه تیمارها افزایش معنی‌داری را نشان داده است (P<۰/۰۵).

جدول ۲- نتایج اندازه‌گیری عدد پراکسید (FFA)* تیمارهای مختلف فیله و گوشت چرخ‌شده کپور نقره‌ای طی نگهداری در یخچال

تیمارها	روز تولید	روز ٤	روز ۸	روز ۱۲	روز ۱٦
گوشت چرخ‌شده بدون عصاره	۰/۸ ± ۰/۲^{a}	۱/۱۹ ± ۰/۳^{b}	۱/۹ ± ۰/٤^{c}	۲/۱۳ ± ۰/۲^{d}	۲/۲۳ ± ۰/٤^{d}
فیله ماهی بدون عصاره	۰/۷ ± ۰/۱۱^{a}	۱/۱۹ ± ۰/۱٤^{b}	۱/۵۸ ± ۰/۳^{c}	۲/۱۷ ± ۰/۳^{d}	۲/۳۲ ± ۰/۳^{e}
گوشت چرخ‌شده GTE^{+}	۰/۷ ± ۰/۲^{a}	۱/۱۷ ± ۰/۵^{b}	۱/۳۰ ± ۰/۲^{c}	۱/۸ ± ۰/۳^{d}	۲/۱ ± ۰/۷^{e}
فیله ماهی کپور نقره‌ای GTE^{+}	۰/٦۵ ± ۰/۰٤^{a}	۱/۰۲ ± ۰/۰۲^{b}	۱/۲۱ ± ۰/۰۷^{c}	۱/۵۸ ± ۰/۰۱^{d}	۱/۸۸ ± ۰/۰۳^{e}

* بر حسب گرم اسیداولئیک در صد گرم نمونه (خطای استاندارد ± میانگین).

** حروف متفاوت بزرگ در ستون‌ها و کوچک در ردیف‌ها، به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها و در زمان‌های مختلف نگهداری می‌باشد (P<۰/۰۵).

نتایج TBARS اندازه‌گیری‌شده در تیمارهای مورد بررسی و طی روزهای نگهداری در جدول ۳ مشاهده می‌شود. نتایج آنالیز واریانس دوطرفه بیانگر آن بود که اثر آنتی‌اکسیدان و اثر زمان معنی‌دار بودند (P<۰/۰۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با گذشت زمان در همه تیمارها میزان TBARS افزایش یافته ولی این افزایش در تیمار ۱ (گوشت چرخ‌شده ماهی بدون GTE در بسته‌بندی معمولی) و تیمار ۲ (فیله ماهی کپور نقره‌ای بدون GTE در بسته‌بندی معمولی) با شدت بیش‌تری همراه بوده و از روز ٤ به بعد تا انتهای دوره، به‌صورت معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود (P<۰/۰۵). تیمار ٤ (فیله ماهی کپور نقره‌ای GTE^{+}) نسبت به تیمارهای دیگر روند افزایش کندتری، به‌ویژه پس از ۱۲ روز نگهداری داشت.

جدول ۳- نتایج اندازه‌گیری عدد پراکسید (TBA-rs)* تیمارهای مختلف فیله و گوشت چرخ‌شده کپور نقره‌ای طی نگهداری در یخچال

تیمارها	روز تولید	روز ٤	روز ۸	روز ۱۲	روز ۱٦
گوشت چرخ‌شده بدون عصاره	۰/۰٦ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۵ ± ۰/۲^{b}	۰/۹۲ ± ۰/۱٦^{c}	۱/۲۸ ± ۰/۳^{d}	۲/۵۱ ± ۰/۲۱^{e}
فیله ماهی بدون عصاره	۰/۰٦ ± ۰/۰۱^{a}	۰/٤۷ ± ۰/۰۳^{b}	۰/۹۱ ± ۰/۰۱^{c}	۱/۲۳ ± ۰/۰٤^{d}	۲/٤۷ ± ۰/۰۵^{e}
گوشت چرخ‌شده GTE^{+}	۰/۰٦ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۳۳ ± ۰/۱۵^{b}	۰/۷۸ ± ۰/۰٦^{c}	۱/۰ ± ۰/۲^{d}	۱/۸۳ ± ۰/۳۷^{e}
فیله ماهی کپور نقره‌ای GTE^{+}	۰/۰٦ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۲۹ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۷ ± ۰/۰۱^{c}	۰/۸۵ ± ۰/۰۱^{d}	۱/۰۸ ± ۰/۰٤^{e}

* بر حسب گرم تیوباربیتوریک اسید در کیلوگرم نمونه (خطای استاندارد ± میانگین).

** حروف متفاوت بزرگ در ستون‌ها و کوچک در ردیف‌ها، به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها و در زمان‌های مختلف نگهداری می‌باشد (P<۰/۰۵).

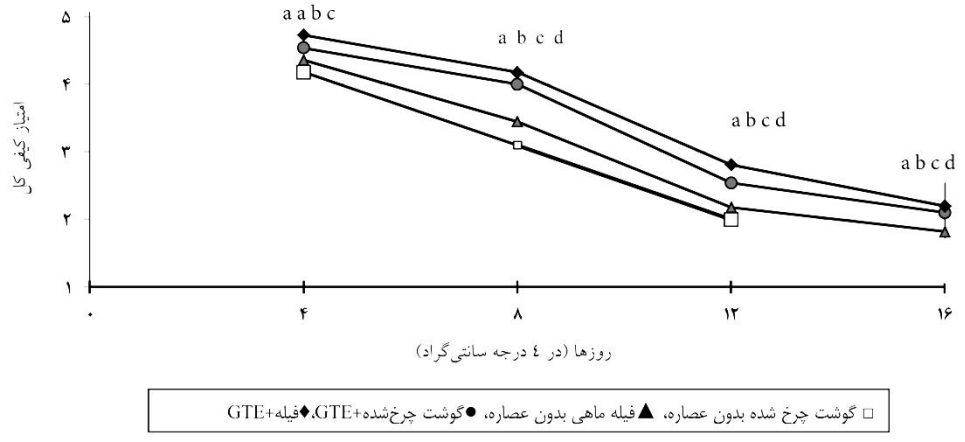
مقادیر pH: نتایج به‌دست آمده برای pH تیمارهای مختلف، طی نگهداری در دمای یخچال در جدول ٤ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس دوطرفه مقادیر pH نشان داد که فقط اثر زمان معنی‌دار بوده ($P<0/05$). به‌طورکلی با گذشت زمان در تمامی تیمارها مقدار pH افزایش یافته ولی این افزایش برای تیمار ٤ (فیله ماهی کپور نقره‌ای GTE^+) حتی پس از ١٦ روز نیز از نظر آماری قابل‌ملاحظه نبود ($P>0/05$).

جدول ٤- نتایج اندازه‌گیری عدد پراکسید (pH)* تیمارهای مختلف فیله و گوشت چرخ‌شده کپور نقره‌ای طی نگهداری در یخچال

تیمارها	روز تولید	روز ٤	روز ٨	روز ١٢	روز ١٦
گوشت چرخ‌شده بدون عصاره	٦/٣٥ ± ٠/١٥^a	٦/٦٠ ± ٠/٢٥^a	٧/٠ ± ٠/٢٣^b	٧/٠٦ ± ٠/٣٣^b	٧/١٠ ± ٠/٢١^b
فیله ماهی بدون عصاره	٦/٤٢ ± ٠/١٣^a	٦/٥٠ ± ٠/١١^a	٦/٩٩ ± ٠/٢١^b	٧/٠ ± ٠/٣٢^b	٧/١٠ ± ٠/٢٦^b
گوشت چرخ‌شده GTE^+	٦/٣٠ ± ٠/١٥^a	٦/٤٥ ± ٠/١٠^a	٦/٩٠ ± ٠/٢٠^b	٦/٦٠ ± ٠/٢١^a	٧/٠ ± ٠/١٧^b
فیله ماهی کپور نقره‌ای GTE^+	٦/٣٣ ± ٠/١٤^a	٦/٤٥ ± ٠/١٣^a	٦/٥٠ ± ٠/١٥^a	٦/٤١ ± ٠/٢٧^a	٦/٨١ ± ٠/٢٣^b

* حروف متفاوت بزرگ در ستون‌ها و کوچک در ردیف‌ها، به‌ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری ($P<0/05$) بین تیمارها و در زمان‌های مختلف نگهداری می‌باشد (خطای استاندارد ± میانگین).

تغییرات خواص ارگانولپتیک تیمارهای مورد بررسی طی نگهداری در یخچال در شکل ١ نشان داده شده است. با گذشت زمان TQS در تمامی تیمارها کاهش یافته ولی این روند نزولی در تیمار ١ (گوشت چرخ‌شده ماهی بدون GTE در بسته‌بندی معمولی) که پس از ١٢ روز امتیاز کیفی آن به ٠/٤٥ ± ٢ (سطح کیفی بد) رسید، بیش‌ترین میزان بوده است. مقایسه تیمارهای مختلف با یکدیگر نشان داد که تیمار ٤ (فیله ماهی کپور نقره‌ای GTE^+) نسبت به سایر تیمارها دارای اثر محافظت‌کنندگی بیش‌تری بوده به‌طوری‌که بالاترین امتیاز (٠/٤٥ ± ٢/١٨) درانتهای دوره نگهداری در این تیمار مشاهده گردید. اختلافات معنی‌دار آماری بین امتیازات کیفی به‌دست آمده برای تیمارها و در زمان‌های مختلف نگهداری مشاهده گردید ($P<0/05$).



شکل ١- نتایج امتیاز کیفی کل حاصل از ارزیابی حسی تیمارهای مختلف طی نگهداری در یخچال

بحث

هیدروپراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون PUFAs بوده و به همین خاطر اکسیداسیون اولیه روغن با استفاده از اندازه‌گیری میزان پراکسید ارزیابی می‌شود (Lin و Lin، ۲۰۰۵). به‌طورکلی نتایج پژوهش حاضر دلالت بر این امر دارد که با سپری شدن زمان نگهداری، PV در تمامی تیمارها افزایش یافته (جدول ۱) که در مقایسه با نتایج پژوهش‌های دیگران، با برخی انطباق و با برخی دیگر غیرمنطبق می‌باشد. در برخی از پژوهش‌ها از جمله Rezaei و Hosseini (۲۰۰۸) میزان پراکسید همراه با پیشرفت زمان کاهش یافته است که به تجزیه هیدروپراکسیدها نسبت داده شده است.

نتایج به‌دست آمده در خصوص روند تغییرات PV تیمارهای مختلف طی ۱۶ روز نگهداری در یخچال (جدول ۱) نشان داد که بعد از ٤ روز، تیمارهای حاوی عصاره چای سبز (تیمارهای ۳ و ٤) در مقایسه با گروه‌های شاهد (تیمارهای ۱ و ۲)، اثر محافظت‌کنندگی معنی‌داری بر اکسیداسیون روغن موجود در فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای داشته‌اند ($P<۰/۰۵$). میزان پراکسید اندازه‌گیری‌شده برای تیمار ۱ (گوشت چرخ‌شده بدون عصاره) در روزهای ۸، ۱۲ و ۱۶، به‌ترتیب، $meqO_۲/kg$ ۰/۳ ± ٤/۲۵، ۰/۲ ± ۸/۷۵ و ۰/۳ ± ۱۱/۲ بوده که نشان‌دهنده شیب به‌نسبت تند افزایشی، در مقایسه با سایر تیمارهای انجام شده، می‌باشد.

میانگین PV نمونه‌های حاوی عصاره چای سبز (تیمارهای ۳ و ٤) در تمام دوره نگهداری در یخچال، پایین‌تر از گروه‌های شاهد (تیمارهای ۱ و ۲) بود. بنابراین اکسیداسیون بیش‌تر در گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای و پس از آن فیله ماهی کپور نقره‌ای اتفاق می‌افتد (Pantazi و همکاران، ۲۰۰۸). در تمام مدت بررسی تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین اثر استفاده از GTE بر روی فیله و گوشت ماهی با تیمار ۱ و ۲ (فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی بدون استفاده از عصاره چای سبز) مشاهده گردید ($P>۰/۰۵$). تیمار ٤ (فیله ماهی + عصاره) توانست کیفیت محصول را تا حدود ۱۲ روز با کیفیت بسیار خوب حفظ نموده و تنها در روز ۱٦ مقدار اندازه‌گیری‌شده پراکسید برای این تیمار از مرز پذیرش گذشت و این در حالی بود که تیمار ۳ (گوشت چرخ‌شده + عصاره) تا ۸ روز توانست کیفیت محصول را به‌خوبی حفظ نماید و در روز ۱۲ نگهداری تقریباً از محدوده قابل مجاز عبور کرد و تیمارهای ۱ و ۲ (فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای) تا ٤ روز کیفیت محول را به‌خوبی حفظ نمایند (جدول ۱).

کاتشین‌های موجود در برگ سبز چای هم سوپراکسیدها و هم رادیکال‌های هیدروکسیل را مهار می‌کنند (Sutherland و همکاران، ۲۰۰٦). می‌توان نتیجه گرفت که براساس ادعای Gramza و همکاران (۲۰۰٦) ترکیب فعال EGCG و سایر ترکیبات پلی‌فنولی موجود در GTE با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای خود موجب افزایش پایداری اسیدهای چرب PUFA موجود در فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای در دمای یخچال گردیده‌اند. مقدار PV اندازه‌گیری‌شده برای تیمار ٤ در روز ۱۲، $meqO_۲/kg$ ۰/۸۲ ± ۳/۳ بوده و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داده است ($P<۰/۰۵$). یافته اخیر به خوبی اثر افزایش محافظت‌کنندگی در برابر اکسید شدن و احتمالاً اثر سینرژیستی استفاده از GTE را نشان می‌دهد.

برهم‌کنش بین آب و تری‌آسیل گلیسرول‌ها یک واکنش تعادلی است که در دمای محیط سرعت خیلی کمی دارد. در حضور کاتالیست‌هایی مانند اسید یا آنزیم لیپاز سرعت واکنش افزایش می‌یابد. آنزیم لیپاز موجود در فرآورده‌های غذایی عمدتاً منشاء میکروبی دارد. در بافت ماهی، تولید اسیدهای چرب آزاد توسط لیپازها می‌تواند اولین مرحله فساد باشد (Hamilton،

۲۰۰۹). تشکیل FFA به تنهایی باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای نمی‌شود، با این وجود ارزیابی آن در بررسی فساد آبزیان مهم است (Lugasi و همکاران، ۲۰۰۷). در این پژوهش نیز میزان FFA تمامی تیمارها در ٤ روز اول دارای بیش‌ترین شتاب بود، به‌طوری‌که در تمامی تیمارها، از میانگین حدود ۰/۲ ± ۰/۷، به‌ترتیب به ۰/۳ ± ۱/۱۹، ۰/۱٤ ± ۱/۱۹، ۰/۵ ± ۱/۱۷ و ۰/۰۲ ± ۱/۰۲ افزایش یافته است (جدول ۲). اختلافات مشاهده شده بین مقادیر FFA تمامی تیمارهای در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری، از نظر آماری معنی‌دار نبوده است (P>۰/۰۵). در عین‌حال مقدار FFA به‌دست آمده برای تیمار ۱ (گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای بدون عصاره) از روز ۸ به بعد (۰/٤ ± ۱/۹<) در مقایسه با روز تولید، افزایش معنی‌دار آماری را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵) و در مقایسه با تیمار ۳ (گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای + عصاره) در روز ۱۲ نگهداری شاهد (۰/۳ ± ۱/۸<) خارج شدن از رنج مجاز می‌باشیم. نتایج پژوهش حاضر دلالت دارند که استفاده از غلظت GTE۱۰۰۰ ppm می‌تواند موجب کندشدن تشکیل اسیدهای چرب آزاد در نمونه‌های تیمار شده با عصاره چای سبز حین نگهداری در یخچال گردد (جدول ۲). به‌علاوه روند تولید FFA در نمونه‌های ۱ و ۲ (فیله و گوشت چرخ‌شده بدون عصاره) افزایشی و با شیب نسبتاً یکنواختی صورت گرفته در حالی‌که در تیمارهای ۳ و ٤ (فیله و گوشت چرخ‌شده + عصاره)، این روند در ٤ روز ابتدایی مشابه ولی پس از آن با شتاب کم‌تری دنبال شده است به‌طوری‌که حتی سرعت افزایش این میزان در تیمار ٤ (فیله ماهی + عصاره) با شدت کم‌تری از تیمار ۳ همراه بوده است. Fan و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش نموده‌اند که نگهداری نمونه‌های ماهی در محلول حاوی پلی‌فنول‌های چای سبز می‌تواند موجب کاهش سریع جمعیت باکتری‌ها و یا کاهش ظرفیت و توانایی آن‌ها در اکسیداسیون و سایر فعالیت‌های منجر به فساد و یا رخ دادن هم‌زمان دو علت فوق با یکدیگر گردد. نتایج این پژوهش نشان داد آنتی‌اکسیدان‌های موجود در GTE استفاده شده در تیمارها، جهت جلوگیری از تجزیه اسیدهای چرب و در نتیجه فعالیت‌های هیدرولیتیک و باکتریایی مؤثر می‌باشند، به‌طوری‌که ماندگاری بسیار خوبی نسبت به دو نمونه دیگر مشاهده گردید.

TBARS ناشی از وجود مواد واکنش‌دهنده با TBA به‌دست آمده از مرحله دوم اتواکسیداسیون است که طی آن پراکسیدها به موادی چون آلدئیدها و کتون‌ها تبدیل می‌شوند. طبق گزارش Auburg (۱۹۹۳) مقدار TBARS ممکن است نشان‌دهنده درجه واقعی اکسیدشدن چربی‌ها زمانی که مالونوآلدئیدها بتوانند با سایر ترکیبات بدن ماهی واکنش انجام بدهند، نباشد. چنین ترکیباتی می توانند شامل آمین‌ها، نوکلئوتیدها و اسیدنوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و دیگر آلدئیدهای تولیدی در پایان اکسیداسیون چربی باشند. چنین رویکردی در بسیاری از ماهیان دیده شده است (Chytiri، ۲۰۰٤). افزایش مقدار TBARS طی نگهداری در یخچال همچنین ممکن است ناشی از دهیدروژنه‌شدن جزئی بافت ماهی و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع باشد. TBARS به‌طور گسترده به‌عنوان شاخص نشان‌دهنده میزان اکسیداسیون ثانویه چربی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lindsay، ۱۹۹۱).

نتایج نشان داد که استفاده از عصاره چای سبز، قادر است اکسیداسیون روغن موجود در نمونه‌های فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای را تا حد قابل‌ملاحظه‌ای کاهش دهد. این اثر هم بر روی شاخص پراکسید و هم بر TBARS مشهود بوده است (جدول‌های ۱ و ۳). مقدار TBARS نمونه‌های ۱ و ۲ در روز ۱٦ از مرز حداکثر قابل پذیرش (۲ میلی‌گرم مالونوآلدئید در کیلوگرم گوشت ماهی؛ Connell، ۱۹۹۰) گذشته و به‌ترتیب به ۰/۲۱ ± ۲/۵۱ و ۰/۰۵ ± ۲/٤۷ میلی‌گرم رسید و این در حالی بود که

استفاده از ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام GTE اثر معنی‌داری بر روند افزایشی شاخص TBARS نمونه‌های گوشت چرخ‌شده و فیله ماهی کپور نقره‌ای، در مقایسه با نمونه‌های ۱ و ۲، طی زمان‌های مختلف نمونه‌برداری داشت (P<۰/۰۵). Fan و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که مقدار TBARS در نمونه شاهد بدون استفاده از عصاره طی ۳۰ روز نگهداری در یخچال افزایش یافته و از محدوده مجاز بیش‌تر شد، در حالی‌که در نمونه‌های حاوی پلی‌فنول تغییرات عمده‌ای مشاهده نشد، به‌طوری‌که در انتهای دوره به‌میزان ۰/۸۵ میلی‌گرم مالونوآلدئید رسید. این پژوهشگران ادعا نموده‌اندکه پلی‌فنول‌ها سبب ممانعت از اکسیداسیون چربی‌های ماهی طی نگهداری آن در یخچال می‌شوند. Banon و همکاران (۲۰۰۷) نیز ادعا نموده‌اند که مقدار TBARS در تیمار شاهد کلوچه گوشتی گوساله به‌طور معنی‌داری افزایش یافته و در انتهای دوره به ۳/۸ میلی‌گرم رسید. در حالی‌که تیمار ترکیبی سولفید و عصاره چای سبز (۱۰۰ پی‌پی‌ام سولفید + ۳۰۰ پی‌پی‌ام عصاره چای سبز) توانست افزایش این شاخص را به تاخیر بیاندازد، به‌طوری‌که در انتهای دوره میزان آن به ۰/٦۰ میلی‌گرم بود. در مطالعه Ojagh و همکاران (۲۰۰۸) نیز میزان TBARS طی ١٦ روز نگهداری کیلکای معمولی تیمارشده با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در یخچال در تیمارهای حاوی آنتی‌اکسیدان نسبت به تیمار شاهد به‌صورت معنای داری کم‌تر بود، ولی در بین سطوح مختلف پلی‌فنول تفاوت معنی‌داری دیده نشد. Wanasundara و Shahidi (۱۹۹۸) نشان دادند که گروه ضمیمیه هیدورکسیل مولکول‌های کاتشین احتمالاً عامل مهمی در ایجاد ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی قوی آن‌ها در روغن‌های دریایی در مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی هم‌چون BHT و BHA و آنتی‌اکسیدان طبیعی آلفا توکوفـــرول می‌باشد.

یکی از تغییرات شیمیایی اولیه در گوشت ماهی تغییرات pH است. مقدار pH گوشت ماهی بر حسب گونه آبزی متغیر است. بنابراین pH شاخص دقیقی برای تعیین تازگی و کیفیت اغلب آبزیان نیست. اما به‌عنوان یک شاخص مکمل برای پارامترهای دیگر استفاده می‌شود (Varlik و همکاران، ۱۹۹۳). pH از جمله فاکتورهای مؤثر بر رشد میکروبی و فساد غذاها بوده و در عین‌حال می‌تواند متأثر از فعالیت‌های میکروبیولوژیک باشد. pH عضلات ماهی زنده عموماً بین ۷-٦/۷ است که با تغییر فصل، تغذیه و درجه حرارت بدن ماهی تغییر می‌نماید (Woyewoda و همکاران، ١٩٨٦). این پارامتر می‌تواند به تفسیر نتایج و اختلافات مشاهده شده در اثر تیمارهای مختلف، از نظر عوامل میکروبی و آنتی‌اکسیدانی کمک کند (Silva و همکاران، ۲۰۰۹).

در پژوهش حاضر روند تغییرات pH در تمامی تیمارها صعودی بود (جدول ٤). در عین‌حال تیمار با GTE، اثر معنی‌داری بر تغییرات pH در نوبت‌های مختلف نمونه‌برداری نداشتند. pH تمامی تیمارها در روز تولید حدود ٦/۳ تا ٦/٤ بوده که پس از ١٦ روز نگهداری در دمای یخچال به‌طور معنی‌داری افزایش یافته و به حدود ۷/۰ تا ۷/۱ رسیده است و نسبت به روز تولید اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). نتایج مشابهی توسط پژوهشگران متعددی گزارش شده است. pH دو گونه ماهی horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) Mediterranean و *Trachurus*) Mediterranean blue jack mackerel *picturatus*) طی ۱۲ روز نگهداری در یخ به‌طور معنی‌داری از ٦/۲ به ۷/۰ افزایش یافت (Tzikas و همکاران، ۲۰۰۷). در مطالعه Fan و همکاران (۲۰۰۸) pH نمونه‌های شاهد ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت، همین روند در تیمار حاوی پلی‌فنول نیز مشاهده شد با این تفاوت که افزایش pH در این تیمار نسبت به تیمار شاهد با سرعت کم‌تری صورت پذیرفت. پایین بودن سطح pH سبب افزایش بازدارندگی میکروبی شده و از سوی دیگر به ممانعت

از فعالیت آنزیم پروتئاز داخلی کمک می‌نماید. کاهش اولیه pH ممکن است ناشی از عدم حلالیت CO_2 در نمونه‌های ماهی باشد (تجمع CO_2) که به موجب افزایش CO_2، pH کاهش می‌یابد (Fan و همکاران، ۲۰۰۸). چنین نتیجه‌ای در مطالعات Tiffney و Mills (۱۹۸۲) همچنین Manju و همکاران (۲۰۰۷) نیز مشاهده شده است. پژوهشگران دیگری نیز افزایش غلظت CO_2 در هوا را علت کاهش pH نمونه‌های ماهی نگهداری‌شده بیان کرده‌اند (Lannelongue و همکاران، ۱۹۸۲؛ Meekin و همکاران، ۱۹۸۲).

از آن‌جا که پراکسیدها ترکیبات بدون طعم و بو می‌باشند، نمی‌توانند به‌وسیله مصرف‌کنندگان تشخیص داده شوند. ولی این ترکیبات سبب به وجود آمدن ترکیبات ثانویه مانند آلدئیدها و کتون‌ها می‌شوند که سبب تشخیص تند شدن اکسیداسیونی می‌گردند (Ozyurt و همکاران، ۲۰۰۷). از سوی دیگر FFAهای تشکیل شده نیز می‌توانند به محض تولید، توسط لیپوکسیژنازها به ترکیبات فرار با طعم نامطبوع شکسته شوند (Hamilton، ۲۰۰۹). به‌علاوه FFAها در مقایسه با مولکول‌های چربی بزرگ‌تر (یعنی تری‌گلیسرید و فسفولیپیدها) سریع‌تر اکسید می‌شوند (Lugasi و همکاران، ۲۰۰۷).

نتایج روند تغییرات حسی تیمارهای مختلف فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای طی ۱۶ روز نگهداری در یخچال (شکل ۱) نشان داد که تیمارهای ۱ و ۲ (فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای بدون عصاره) از لحاظ خواص حسی نیز همانند سایر شاخص‌های مورد بررسی، در مقایسه با تیمارهای حاوی عصاره، روند افت کیفی سریع‌تری داشته است. استفاده از عصاره چای سبز در تیمارهای ۳ و ٤ علاوه بر کسب امتیازات کیفی بالاتر، اختلاف معنی‌دار آماری را با تیمار ۱ و ۲ در طول ۱۲ روز بررسی، از نظر ویژگی‌های حسی ایجاد نموده‌اند ($P<0/05$). این در حالی است که تیمار ٤ (فیله ماهی کپور نقره‌ای + عصاره) به تنهایی در مقایسه با تیمار ۳ (گوشت چرخ‌شده + عصاره) امتیازات کیفی بهتری را تا روز ۱۶ نگهداری کسب نموده و اختلاف معنی‌داری را با بقیه تیمارها داشته است ($P<0/05$). علائم مشخصه ظاهری فساد، ایجاد بو و طعم نامطلوب،تولید گاز و تغییر در بافت می‌باشد. توسعه این شرایط فساد به‌علت ترکیبی از فعالیت‌های شیمیایی، آنزیمی و عمدتاً میکروبیولوژیک می‌باشد. تغییر در رنگ، بو، طعم و مزه و بافت می‌تواند به‌دلیل رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها باشد (Ozogul و همکاران، ۲۰۰٤).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمار با GTE اثر قابل‌ملاحظه‌ای بر روند تغییرات کیفی فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای، با کند نمودن فساد اکسیداتیو ایجاد می‌نمایند. نتایج دلالت دارند که غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام GTE، علاوه بر اثر معنی‌دار بر جلوگیری از افزایش PV، از قابلیت کافی جهت ممانعت از توسعه مراحل بعدی پیشرفت اکسیداسیون روغن موجود در فیله و گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای برخوردار است. در عین‌حال براساس ادعاهای صورت گرفته در سایر پژوهش‌های منتشر شده، به‌نظر می‌رسد که اثرات GTE در توقف و یا به تاخیر انداختن فساد باکتریایی در مقایسه با خواص آنتی‌اکسیدانی آن از اهمیت قابل‌ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشد. فیله ماهی کپور نقره‌ای تیمارشده با عصاره چای سبز (تیمار ٤)، با اثرگذاری بیش‌تر در حفظ کیفیت ارگانولپتیک محصول حین نگهداری در یخچال، در توقف و مهار فعل و انفعالات شیمیایی نیز نقش مؤثرتری ایفا نموده است و زمان ماندگاری را نسبت به گوشت چرخ‌شده ماهی کپور نقره‌ای تیمار شده با عصاره چای سبز حداقل ٤ روز بهبود بخشید.

منابع

اجاق، م.، سحری، م.ع.، و رضایی، م.، ۱۳۸۳. اثر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بر کیفیت ماهی کیلکا معمولی، مجله علوم دریایی ایران، جلد ۳ (٤): ۱-۷.

پروانه، و.، ۱۳۸٦. کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ چهارم: ۱۹ و ۲۱۲.

پورحمزه، س.، ۱۳۹۳. استفاده از عصاره چای سبز و بررسی فعالیت‌های شیمیایی و میکروبی و ارزیابی حسی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. پایان‌نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی‌ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ٦۷-٦۹.

جلیلی، س.ح.، ۱۳۸۸. مقایسه کیفیت و پتانسیل اقتصادی تولید کباب کوبیده از گوشت ماهی کپور نقره‌ای، کلیکای دریای خزر و کوسه در استان آذربایجان‌شرقی، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، مدیریت شیلات و آبزیان سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان‌شرقی: ۷٦ صفحه.

محمدزاده، ب.، ۱۳۸۹. استفاده از پلی‌فنل‌های چای سبز عصاره چای سبز جهت بررسی‌های شیمیایی، میکروبی و ارزیابی حسی فیله ماهی قزل‌آلا هنگام نگهداری در دمای یخچال، پایان‌نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی‌ارشد. دانشگاه تربیت مدرس، ۹۷-۹۳.

میراحمدی، ف.، ۱۳۸٤. اثر برگ سبز چای در جلوگیری از اکسیداسیون روغن آفتابگردان. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۲ (٤): ٦۱-٦۹.

Auburg, S.P., 1993. Review: interaction of malondialdehyde with biological molecules, new trends about reactivity and significance. Int. J. Food Sci. Technol. 28, 323-335.

Banerjee, S., 2006. Inhibition of mackerel (*Scomber scomberus*) muscle lipoxygenase by green tea polyphenols, Food Research International, 39, 486-491.

Banon, S., Diaz, P., Rodriguez, M., Garrido, M.D., and Price, A., 2007. Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties. Meat Science, 77, 626-633.

Cartriona, M.S., Cai, Y., Russell, M., and Haslam, E., 1988: Polyphenol complexation-some thoughts and observations. Phytochemistry, 27, 2397-2409.

Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I.N., and Kontominas, M.G., 2004: Microbiological, Chemical and Sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. Food Microbiology, 21, 157-165.

Connell, J.J., 1990. Control of Fish Quality, 3rd ed., P 226. London: Fishing News Book.

Fan, W., Chi, Y., and Zhang, S., 2008. The use of a tea polyphenol dips to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice. Food Chemistry, 108, 148-153.

Gramza, A., Khokhar, S., Yoko, S., Gliszczynska-Swiglo, A., Marzanna, H., and Korczak, J., 2006. Antioxdiant activity of tea extracts in lipid and correlation with polyphenol content. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 108, 351-362.

Hamilton, R.J., 2009. Rancidity in fish oil; In Fish oil, Oils and fats handbook, Vol. 4; Rossell, B. (Ed.), chapter 10, Leatherhead Pub., UK. pp. 191-193.

He, Y., and Shahidi, F., 1997. Antioxidant activity of green tea and tea catechins in fish meat model system. J. Agric. Food Chem. 45 (11), 4262-4266.

Higdon, J.V., and Frei, B., 2003. Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism and antioxidant functions, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 43, 89-143.

Lannelongue, M., Hanna, M.O., Finne, G., Nickelsen, R., and Vanderzant, C., 1982. Storage characteristics of finfish fillets (*Archosargusprobatocephalus*) packaged in modified gas atmospheres containing carbon dioxide. J. Food Prot. 45 (5), 440-444.

Lin, C.C., and Lin, C.S., 2005. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillet by glazing with tea extracts. Food Control. 16 (2), 169-175.

Lindsay, R.C., 1991. Flavour of fish. Paper presented at 8th World Congress of Food Science and Technology, 29th September - 4th October, Toronto, Canada.

Lugasia, A., Losada, V., Hovari, J., Lebovicsa, V., Jakoczic, I., and Aubourg, S., 2007. Effect of pre-soaking whole pelagic fish in a plant extract on sensory and biochemical changes during subsequent frozen storage. LWT. 40, 930-936.

Manju, S., Srinivasa Gopal, T.K., Leema, J., Ravishankar, C.N., and Ashok Kumar, K., 2007. Nucleotide degradation of sodium acetate and potassium sorbatedip treated and vacuum packed Black Pomfret (*Parastromateus niger*) and Pear lspot (*Etroplus suratensis*) during chill storage. J. Food Chem. 102, 699-706.

Meekin, T.A., Hulse, L., and Bremner, H.A., 1982. Spoilage association of vacuum packed sand flathead (*Platycephalus bassensis*) fillets. Food Technology Australia. 34 (6), 278-282.

Mexis, S.F., Chouliara, E., and Kontominas, M.G., 2009. Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 degrees C. Food Microbiology, 26 (6), 598-605.

Natseba, A., Lwalinda, I., Kakura, E., Muyanja, C.K., and Muyonga, J.H., 2005. Effect of pre-freezing icing duration on quality changes in frozen Nile perch (*Lates niloticus*). Food Research International, 38, 469-474.

Ojagh, S.M., Sahari, M., Rezaei, M., and Hosseini, S.V., 2008. Applicability of β-carotene and green tea polyphenols as two natural antioxidants in preservation of fresh common kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) with ice, J. Appl. Ichthyol.

Ozogul, F., Ozogul, Y., and Kuley, E., 2008. Nucleotide degradation and biogenic amine formation of wild white grouper (*Epinephelus aeneus*) stored in ice and at chill temperature (4 ^{o}C). Food Chemistry, 108, 933-941.

Pantazi, D., Papavergou, A., Pournis, N., Kontominas, M.G., and Savvaidis, I.N., 2008. Shelf-life of chilled fresh Mediterranean swordfish (Xiphias gladius) stored under various packaging conditions: Microbiological, biochemical and sensory attributes. Food Microbiology. 25, 136-143.

Sakanaka, S., Tachibana, Y., and Okada, Y., 2005. Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (Kakinoha-cha). Food Chemistry. 89 (4), 569-575.

Seto, Y., Lin, C.C., Endo, Y., and Fujimto, K., 2005. Retardation of lipid oxidation in blue sprat by hot water tea extracts, Journal of the Science of Food and Agriculture, 85, 1119-1124.

Shahidi, F., and Wanasundara, P.K.J.P.D., 1992. Phenolic antioxidants. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 32 (1), 67-103.

Silva, L.V.A., Prinyawiwatkul, W., King, J.M., Kyoon, N.H., Bankston, J.D., and G.B., 2009. Effect of preservatives on microbial safety and quality of smoked blue catfish (*Ictalurus furcatus*) steaks during room-temperature storage. Food Microbiology, 25, 958-963.

Sutherland, B.A., Rahman, R.M.A., and Appleton, I., 2006. Mechanisms of action of green tea catechins, with a focus on ischemia-induced neurodegeneration. J. Nutr. Biochem. 17, 291-306.

Tang, S., Kerry, J.P., Sheehan, D., Buckley, D.J., and Morrissey, P.A., 2001. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. Food Research International, 34, 651-657.

Tiffney, P., and Mills, A., 1982. Storage trials of controlled atmosphere packaged fish products. Tech. Rep. No. 191. Sea Fish Industry Authority.

Tzikas, Z., Ambrosiadis, I., Soultos, N., and Georgakis, S.P., 2007. Quality assessment of Mediterranean (*Trachurus picturatus*) during storage in ice. Food control, 18, 1172-1179.

Varlik, C., Ugur, M., Gökoglu, N., and Gün, H., 1993. Quality control methods and principals for aquaculture. Istanbul Society of Food Technology. 17, 98.

Wanasundara, U.N., and Shahidi, F., 1998. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils, Food Chemistry, 63, 335-342.

Woyewoda, A.D., Shaw, S.J., Ke, P.J., and Burns, B.G., 1986. Measurement of pH. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality 1-5. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1448, Fisheries and Oceans, Halifax, Nova Scotia.