



اثر جیره غذایی حاوی آستاگزانتین و اسید اسکوربیک بر فساد اکسیداسیونی و ویژگی‌های حسی گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی نگهداری در یخچال

شهلا علیزاده^۱، سید مهدی اجاق^{۲*}، علیرضا عالیشاهی^۳، سید حجت میرصادقی^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد شیلات، فرآوری محصولات شیلاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۲- دانشیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۳- دانشجوی دکتری شیلات، فرآوری محصولات شیلاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

پذیرش: ۹۶/۰۲/۰۳

دریافت: ۹۵/۰۵/۱۳

نویسنده مسئول مقاله: Mahdi_ojagh@yahoo.com

چکیده:

اثر دو جیره غذایی شامل اسید اسکوربیک در غلظت ۱۰۰، ۴۰۰، ۱۶۰۰ (mg/kg) و آستاگزانتین در غلظت‌های ۴۰، ۶۰، ۱۰۰ (mg/kg) بر کیفیت ماندگاری گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در یخچال در قالب ۷ گروه مطالعه شد. ماهی به مدت هشت هفته با جیره‌های مورد نظر تغذیه شدند. سپس فیله آنها در ظروف آلومینیومی به مدت ۱۶ روز در یخچال (۳-۵ درجه) نگهداری شد. برای بررسی روند تغییرات و مقایسه کیفیت نمونه‌ها با شاخص‌های شیمیایی پراکسید (PV)، اسید تیوباریتوریک (TBA)، اسید چرب آزاد (FFA) و pH و همچنین شاخص‌های حسی، در ۵ نوبت با فاصله زمانی ۴ روز یکبار (۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۴، ۲۸، ۳۲) نمونه‌برداری صورت گرفت. نتایج نشان داد که اثر آنتی‌اکسیدان و زمان بر مقادیر FFA، pH، PV و TBA معنادار بوده است ($p < 0.05$). بهترین ماندگاری در طول دوره نگهداری مربوط به نمونه‌های حاوی آستاگزانتین ۱۰۰ و اسید اسکوربیک ۱۶۰۰ بود. همچنین براساس نتایج ارزیابی حسی می‌توان استفاده از بالاترین مقادیر آستاگزانتین و اسید اسکوربیک را برای استفاده در جیره این ماهی پیشنهاد کرد.

کلید واژگان: آستاگزانتین، اسید اسکوربیک، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

است. در سال ۲۰۱۲ آبی‌پروری ۴۲/۱۵ درصد از کل

تولیدات ماهی را به خود اختصاص داد (Fao, 2014)،

به نحوی که میزان تولید ماهی قزل‌آلا (*Oncorhynchus*)

تولیدات آبی‌پروری در سطح جهانی از یک میلیون تن در

سال ۱۹۵۰ به ۶۶/۶ میلیون تن در سال ۲۰۱۲ افزایش یافته

(mykiss) در کشور از ۴۴۰ تن در سال ۱۳۶۸ به حدود ۱۸۱۰۰۰ تن در سال ۱۳۹۴ رسیده است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۴). این ارقام نشان‌دهنده افزایش میزان مصرف این ماهی در طول ۲۵ سال اخیر می‌باشد. گوشت ماهی در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز جوامع بشری سهم به‌سزایی دارد و این منبع پروتئینی از نظر اسیدهای آمینه ضروری غنی بوده و در دسته پروتئین‌های غنی رتبه‌بندی می‌شود. همچنین به لحاظ وجود اسیدهای چرب ضروری مانند اسیدهای چرب غیراشباع n-3 که نقش آنها در کاهش کلسترول خون و تکامل بافت مغز ثابت شده است و نیز انواع ویتامین‌ها و مواد معدنی موجود در آن نقش مهمی در تأمین سلامتی انسان ایفا می‌کند (Moradi, 1391). به نقل از (Kouendli, 2008). کیفیت گوشت ماهی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله نوع تغذیه و ترکیب غذای مصرفی آن می‌باشد. بنابراین لازم است نوع عناصر خوراکی مصرفی در جیره ماهیان پرورشی از کیفیتی مطلوب برخوردار باشند تا ضمن تأمین نیازهای غذایی ماهی بر کیفیت گوشت آن نیز اثر مثبت داشته باشند. تغذیه با ترکیبات مختلف رژیم غذایی اثرهای متفاوتی روی سایر ویژگی‌های کیفی گوشت ماهی دارد و اثر ترکیبات عناصر غذایی (چربی، پروتئین، رنگدانه‌ها و ...) بر کیفیت گوشت ماهیان ثابت شده است (Moradi, 1391). آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله موادی هستند که می‌توان با افزودن آن به مواد غذایی آنها را از تغییرات کمی و کیفی محافظت کرد. از جمله آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی ویتامین C و رنگدانه‌های کاروتنوئیدی می‌باشند که از اکسیداسیون مواد در بافت‌های حیوانی و غذاهایی با منشأ حیوانی جلوگیری می‌کنند (Rigi and Zarifjo, 1393). یکی از ویتامین‌های بسیار مهم محلول در آب ویتامین C است که به نام اسید اسکوربیک نیز شناخته می‌شود. ویتامین C از گلوکز و سایر قندهای ساده به‌وسیله گیاهان و بسیاری از

گونه‌های جانوری سنتز می‌شود. این ویتامین در طبیعت فراوان بوده و اغلب جانداران و گیاهان می‌توانند این ترکیبات شیمیایی را از اسید گلوکورونیک بیوسنتز کنند (Halver and Hardy, 2002)، (Keefe, 2001). Samples (2013) در پژوهشی با عنوان «اکسیداسیون و آنتی‌اکسیدان‌ها در ماهی و گوشت» به نقل از Morisi و همکاران (۱۹۹۸) و Borek و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کرد که به‌طور معمول آنتی‌اکسیدان‌های محلول در چربی مانند توکوفرول در غذا بیشتر تأثیر گذارند، درحالی‌که آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب مانند ویتامین C، حین فراوری اثربخشی بیشتری دارند. به عبارتی در موجودات زنده آنتی‌اکسیدان توکوفرول تأثیرگذارتر و پس از کشتار، اسیداسکوربیک تأثیرگذارتر است. رنگدانه کاروتنوئیدی آستاگزانتین در گروهی از جانوران و گیاهان دریایی یافت می‌شود. آستاگزانتین با حذف رادیکال آزاد از قبیل اتم‌های منفرد اکسیژن از اکسیده شدن چربی‌ها در نتیجه اثرهای زیانبار کلسترول LDL، اکسیده شدن غشای سلولی، سلول‌ها و بافت‌ها جلوگیری می‌کند (Saberi و همکاران ۱۳۸۵). بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد تأثیرات رنگدانه‌ها در کیفیت گوشت، مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته به‌طوری‌که Prmly و همکاران (۲۰۱۴) اثر غذایی آستاگزانتین غنی‌شده با مخمر *Fafila rodozima* بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی تأیید کردند. همچنین Saberi و همکاران (۱۳۸۵) و (Moradi, 1391) اثر رنگدانه‌های کاروتنوئیدی را در افزایش کیفیت گوشت ماهی و میگو از طریق بهبود رنگ گوشت و همچنین حذف رادیکال آزاد و جلوگیری از اکسیداسیون چربی نشان دادند. Moradi (1391) در بررسی اثر پروتئین، چربی و رنگدانه جیره غذایی بر کیفیت گوشت قزل‌آلا گزارش کرد رنگدانه‌های کاروتنوئیدی در جیره با اثر بازدارنده‌ای که بر رادیکال‌های

آزاد دارند تا حدودی از اکسیداسیون چربی جلوگیری می‌کنند و زمان ماندگاری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. همچنین Wang و همکاران (۲۰۰۶)، نشان دادند که رنگدانه کاروتنوئیدی باعث افزایش رنگدانه در پوست و گوشت ماهی و در نهایت افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسیداز و پراکسیداز) می‌شود. به‌طور کلی برای جلوگیری یا به تعویق انداختن فساد ماهی و فرآورده‌های آن راهکارهای متعددی ارائه شده است (Lin و همکاران، ۲۰۰۴). اثرهای نامطلوب آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی از جمله جهش‌زایی، ایجاد مسمومیت و سرطان‌زایی و همچنین تأثیر یکسان با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی روی بازدارندگی اکسیداسیون بافت باعث شده است که امروزه، استفاده از آنتی‌اکسیدان طبیعی به‌عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان مصنوعی توصیه شود (Sakanaka و همکاران، ۲۰۰۵). مطالعه حاضر با هدف افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانی عضله با افزودن ترکیبات آنتی‌اکسیدان اسیداسکوربیک و آستاگزانتین به جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و مصرف جیره حاوی این ترکیبات و به‌دنبال آن افزایش این ترکیبات در بافت ماهی به منظور افزایش مدت زمان ماندگاری این ماهی طی نگهداری در یخچال طراحی شده است.

مواد و روش‌ها

ویتامین استفاده شده در این تحقیق یکی از مشتقات پایدار به نام ال -اسکوربیک - ۲ - پلی فسفات -L-ascorbic-۲- polyphosphate است که به‌صورت پودر سفید رنگ و با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده مؤثره (Unite, Calibex®, Kingdom) تهیه گردید. برای انجام تحقیق حاضر ابتدا ۲۱۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی $100 \pm$ گرم از یک مزرعه پرورش ماهی در شهرستان بابل

تهیه و با استفاده از تانکر مخصوص حمل ماهی به استخر نگهداری منتقل شدند. ماهیان بلافاصله با محلول آب نمک (۳ درصد) ضد عفونی و به مدت ۱۰ روز برای سازگاری با شرایط آزمایشگاهی قرنطینه شدند. پس از گذراندن دوره سازگاری ماهیان به‌طور کاملاً تصادفی در هفت گروه هر کدام با سه تکرار (هر تکرار ۱۰ عدد ماهی) تقسیم شدند. در گروه اول یا گروه شاهد از غذای بدون ویتامین C و رنگدانه آستاگزانتین استفاده شد. گروه دوم (T2): تیمار اسید اسکوربیک ۱۰۰ mg/kg، گروه سوم (T3): تیمار اسید اسکوربیک ۴۰۰ mg/kg، گروه چهارم (T4): تیمار اسید اسکوربیک ۱۶۰۰ mg/kg (Falahatkar و همکاران، ۱۳۸۵)، گروه پنجم (T5): تیمار آستاگزانتین ۴۰ mg/kg، گروه ششم (T6): تیمار آستاگزانتین ۶۰ mg/kg، گروه هفتم (T7): تیمار آستاگزانتین ۱۰۰ mg/kg ماهیان گروه شاهد فقط با غذای کنسانتره عادی تغذیه شدند. معیار انتخاب مقادیر آستاگزانتین براساس مطالعات انجام شده و همچنین توصیه شرکت سازنده مبنی بر استفاده از سطوح ۱۰۰ - ۴۰ میلی‌گرم آستاگزانتین در کیلوگرم غذای ماهیان است (Ansari و همکاران، ۱۳۹۲). ماهیان مورد مطالعه به مدت هشت هفته با غذاهای آماده شده تغذیه شدند. تغذیه ماهیان براساس وزن زنده، دمای آب و جدول استاندارد تغذیه انجام شد. پس از صید ماهیان، نمونه‌های تولید شده فیله گردید و در ۷ گروه، در ظروف آلومینیومی به یخچال با دمای ۵-۳ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. بررسی روند تغییرات و مقایسه کیفیت نمونه‌ها با استفاده از شاخص‌های شیمیایی و حسی، در ۵ نوبت با فاصله زمانی هر ۴ روز یک بار نمونه‌برداری انجام شد. در ادامه برای اندازه‌گیری شاخص‌های ارزیابی کیفیت، آزمایش‌های شیمیایی شامل اندازه‌گیری عدد پراکسید (PV)، اندازه‌گیری pH، اندازه‌گیری FFA و اندازه‌گیری شاخص

دانکن (جداسازی) و برای ویژگی‌های حسی از آزمون فریدمن استفاده شد.

نتایج

در این قسمت از نتایج حاصل از بررسی‌های شاخص‌های شیمیایی و حسی، روند تغییرات و مقایسه کیفیت نمونه‌ها در نظر گرفته شده است که نتایج شاخص‌های شیمیایی به شرح ذیل می‌باشد.

مقادیر اسیدهای چرب آزاد (FFA)

هیدرولیز استر اسیدهای چرب گلیسرول تغییر مهمی است که پس از مرگ ماهی رخ می‌دهد و با آزاد کردن FFA همراه است. واکنش فوق به‌وسیله آنزیم‌های لیپاز و فسفولیپاز کاتالیز می‌گردد. نتایج اسیدهای چرب آزاد نمونه‌های روغن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در زمان‌های ۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز پس از صید در تیمارهای مختلف بررسی شد که نتایج در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

تیوباربیتوریک اسید (TBA) انجام گردید (Goban and Inanli, 2010). ارزیابی حسی نمونه‌ها بر مبنای سنجش میزان پذیرش و با استفاده از مقیاس ۵ نقطه‌ای هدونیک از حیث شاخص‌های بو، طعم و مزه، بافت و رنگ به‌صورت نمایش عددی کیفیت عالی: ۱، مناسب: ۲، خوب: ۳، بد: ۴، در ۵ نوبت با فاصله زمانی ۴ روز یکبار تا روز ۱۶ نگهداری از سوی ۳۰ نفر ارزیاب انجام شد (Whats و همکاران، 1989:3580 Shomare Standard). در پایان تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS صورت گرفت. برای بررسی و آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد که نتایج به‌دست آمده نشان از طبیعی بودن داده‌ها و قابلیت استفاده از آزمون‌های آماری پارامتریک بود. همچنین برای مقایسه اختلاف معناداری در تیمارهای مختلف از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) در سطح معناداری ($p < 0.05$) و برای مقایسه گروه‌های مختلف از آزمون

جدول ۱ مقادیر اسیدهای چرب آزاد (بر حسب درصد اسید اولئیک) تیمارهای مختلف آنتی‌اکسیدان نسبت به زمان

تیمار	مقادیر اسیدهای چرب آزاد (FFA) در زمان نگهداری (روز)				
	۱۶	۱۲	۸	۴	۰
شاهد	$2/200 \pm 0/10^{eD}$	$1/910 \pm 0/10^{dD}$	$1/363 \pm 0/10^{cD}$	$1/020 \pm 0/10^{bD}$	$0/963 \pm 0/10^{ad}$
آستاگزانتین ۴۰	$2/196 \pm 0/10^{eD}$	$1/923 \pm 0/10^{dD}$	$1/356 \pm 0/20^{cD}$	$1/010 \pm 0/10^{bD}$	$0/980 \pm 0/10^{aD}$
آستاگزانتین ۶۰	$1/253 \pm 0/20^{eC}$	$1/100 \pm 0/10^{dC}$	$0/960 \pm 0/20^{cC}$	$0/940 \pm 0/10^{bC}$	$0/940 \pm 0/20^{aC}$
آستاگزانتین ۱۰۰	$1/000 \pm 0/10^{eA}$	$1/000 \pm 0/10^{dA}$	$0/943 \pm 0/20^{cA}$	$0/950 \pm 0/20^{bA}$	$0/936 \pm 0/10^{aA}$
اسید آسکوربیک ۱۰۰	$2/190 \pm 0/10^{eD}$	$1/910 \pm 0/20^{dD}$	$1/360 \pm 0/10^{cD}$	$1/013 \pm 0/00^{bD}$	$0/973 \pm 0/10^{aD}$
اسید آسکوربیک ۴۰۰	$1/166 \pm 0/10^{eB}$	$1/026 \pm 0/10^{dB}$	$0/960 \pm 0/20^{cB}$	$0/933 \pm 0/10^{bB}$	$0/940 \pm 0/20^{aB}$
اسید آسکوربیک ۱۶۰۰	$1/106 \pm 0/60^{eB}$	$1/036 \pm 0/10^{dB}$	$0/960 \pm 0/10^{cB}$	$0/940 \pm 0/10^{bB}$	$0/960 \pm 0/10^{aB}$

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف یا ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین آنتی‌اکسیدان یا زمان مختلف، و حروف بزرگ در هر ردیف یا ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در زمان مختلف است ($p < 0.05$).

(۲/۲۰۰ بر حسب اسید اولئیک) و کمترین آن مربوط به تیمار اسیداسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم (۱/۱۰۶ بر حسب اسید اولئیک) بود.

مقادیر پراکسید نمونه‌های روغن (PV)

نتایج مقادیر پراکسید نمونه‌های روغن گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در زمان‌های ۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز پس از صید در تیمارهای مختلف انجام شد که نتایج در جدول ۲ نشان داده است.

با توجه به جدول ۱ در تمامی تیمارها با گذشت زمان میزان FFA افزایش یافته به طوری که در زمان ۱۶ روز پس از صید، میزان FFA به شکل معناداری نسبت به زمان‌های قبل افزایش یافته است. بیشترین میزان اسیدهای چرب آزاد در گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در روز ۱۶ مربوط به تیمار شاهد (۲/۲۰۰ بر حسب اسید اولئیک) و کمترین میزان آن مربوط به تیمار آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم (۱/۰۰) بر حسب اسید اولئیک) بود. همچنین در تیمار اسیداسکوربیک بیشترین میزان FFA در گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در روز ۱۶ مربوط به تیمار شاهد

جدول ۲ مقادیر عدد PV (بر حسب میلی اکی والان O2 در کیلوگرم چربی) برای تیمارهای مختلف آنتی‌اکسیدان نسبت به زمان

زمان نگهداری (روز)					تیمار
۱۶	۱۲	۸	۴	۰	
۴/۲۳۶ ± ۰/۰۴ ^{eD}	۵/۰۴۶ ± ۰/۰۳ ^{dD}	۶/۱۱۰ ± ۰/۰۳ ^{cD}	۱/۶۰۳ ± ۰/۰۱ ^{bD}	۰/۸۱۰ ± ۰/۰۱ ^{aD}	شاهد
۳/۸۶۳ ± ۰/۰۲ ^{eC}	۴/۹۲۶ ± ۰/۰۲ ^{dC}	۵/۸۸۶ ± ۰/۰۲ ^{cC}	۱/۵۹۶ ± ۰/۰۱ ^{bC}	۰/۷۹۰ ± ۰/۰۱ ^{aC}	آستاگزانتین ۴۰
۲/۹۶۰ ± ۰/۰۵ ^{eB}	۳/۲۲۳ ± ۰/۰۵ ^{dB}	۳/۱۷۳ ± ۰/۰۲ ^{cB}	۱/۴۹۰ ± ۰/۰۱ ^{bB}	۰/۸۰۰ ± ۰/۰۱ ^{aB}	آستاگزانتین ۶۰
۲/۶۰۶ ± ۰/۰۲ ^{eA}	۲/۸۲۶ ± ۰/۰۲ ^{dA}	۳/۰۶۳ ± ۰/۰۳ ^{cA}	۱/۴۷۳ ± ۰/۰۱ ^{bA}	۰/۷۹۵ ± ۰/۰۰ ^{aA}	آستاگزانتین ۱۰۰
۳/۸۹۶ ± ۰/۰۱ ^{eC}	۴/۹۵۰ ± ۰/۰۳ ^{dC}	۵/۹۲۶ ± ۰/۰۲ ^{cC}	۱/۵۷۳ ± ۰/۰۱ ^{bC}	۰/۸۰۳ ± ۰/۰۱ ^{aC}	اسید آسکوربیک ۱۰۰
۲/۶۷۶ ± ۰/۰۲ ^{eA}	۲/۹۲۶ ± ۰/۰۲ ^{dA}	۳/۰۹۶ ± ۰/۰۲ ^{cA}	۱/۴۹۰ ± ۰/۰۱ ^{bA}	۰/۸۱۱ ± ۰/۰۰ ^{aA}	اسید آسکوربیک ۴۰۰
۲/۱۹۰ ± ۰/۰۹ ^{eA}	۲/۹۰۰ ± ۰/۰۲ ^{dA}	۳/۰۶ ± ۰/۰۳ ^{cA}	۱/۵۱۰ ± ۰/۰۱ ^{bA}	۰/۷۸۵ ± ۰/۰۰ ^{aA}	اسید آسکوربیک ۱۶۰۰

میانگین ± انحراف معیار

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف یا ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین آنتی‌اکسیدان و زمان مختلف، و حروف بزرگ در هر ردیف یا ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در زمان مختلف است ($p < 0.05$).

کیلوگرم چربی) بود. نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان PV در گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در روز ۱۶، مربوط به تیمار شاهد (۴/۲۳) میلی اکی والان O2 در کیلوگرم چربی) و کمترین میزان آن مربوط به تیمارهای اسید آسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم (۲/۱۹) میلی اکی والان O2 در کیلوگرم چربی) بود.

مقادیر عدد اسید تیوباربیتوریک (TBA) در نمونه‌های ماهی

با توجه به جدول ۲ در تمامی تیمارها با گذشت زمان میزان PV افزایش یافته به طوری که در زمان ۸ روز پس از صید میزان PV به شکل معناداری نسبت به سایر زمان‌ها افزایش یافته است. براساس نتایج این تحقیق بیشترین میزان PV در گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در روز ۱۶، مربوط به تیمار شاهد (۴/۲۳) میلی اکی والان O2 در کیلوگرم چربی) و کمترین میزان آن مربوط به تیمارهای آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم (۲/۶۰) میلی اکی والان O2 در

واکنش اولیه اسیدهای چرب با اکسیژن می‌باشند. نتایج مقادیر عدد اسید تیوباریتوریک در نمونه‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در زمان‌های ۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز پس از صید در تیمارهای مختلف آزمایش و بررسی شد که نتایج آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

برای ارزیابی درجه اکسیداسیون لیپید در ماهیان به‌طور وسیعی از شاخص TBA استفاده می‌شود که میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به‌ویژه آلدهیدها را نشان می‌دهد. TBA اکسیداسیون چربی‌ها براساس محتوای مالون دی آلدهید (MDA) می‌باشد. مالون دی آلدهید (MDA) به‌وسیله هیدروپراکسیدهایی تشکیل می‌شود که حاصل

جدول ۳ مقادیر عدد TBA (بر حسب میلی گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم چربی) برای تیمارهای مختلف آنتی‌اکسیدان نسبت به زمان تیمار

تیمار	۰	۴	۸	۱۲	۱۶
شاهد	۰/۳۷۰ ± ۰/۰۱۰ ^{aD}	۰/۹۸۳ ± ۰/۰۴۱ ^{bD}	۲/۰۰۶ ± ۰/۰۳۰ ^{cD}	۳/۰۱۶ ± ۰/۰۳۷ ^{dD}	۴/۹۵۰ ± ۰/۰۳۰ ^{eD}
آستاگزانتین ۴۰	۰/۳۸۰ ± ۰/۰۱۰ ^{aD}	۰/۹۸۶ ± ۰/۰۵۰ ^{bD}	۱/۹۸۶ ± ۰/۰۳۰ ^{cD}	۲/۹۱۶ ± ۰/۰۴۱ ^{dD}	۴/۸۹۰ ± ۰/۰۳۶ ^{eD}
آستاگزانتین ۶۰	۰/۳۶۶ ± ۰/۰۲۵ ^{aB}	۰/۴۶۳ ± ۰/۰۲۵ ^{bB}	۱/۰۵۰ ± ۰/۰۲۰ ^{cB}	۲/۲۵۶ ± ۰/۰۲۰ ^{dB}	۳/۰۱۳ ± ۰/۰۶۸ ^{EB}
آستاگزانتین ۱۰۰	۰/۳۹۰ ± ۰/۰۱۰ ^{aA}	۰/۴۶۶ ± ۰/۰۲۰ ^{bA}	۱/۰۵۰ ± ۰/۰۲۶ ^{cA}	۲/۰۵۰ ± ۰/۰۳۰ ^{dA}	۲/۸۴۳ ± ۰/۰۱۵ ^{EA}
اسید آسکوربیک ۱۰۰	۰/۳۵۶ ± ۰/۰۱۵ ^{aC}	۰/۹۹۳ ± ۰/۰۸۰ ^{bC}	۱/۹۸۳ ± ۰/۰۴۰ ^{cC}	۲/۸۰۶ ± ۰/۰۱۷ ^{dC}	۴/۷۰۶ ± ۰/۰۳۰ ^{eC}
اسید آسکوربیک ۴۰۰	۰/۳۷۸ ± ۰/۰۱۰ ^{aAB}	۰/۴۵۳ ± ۰/۰۲۵ ^{bAB}	۱/۰۵۶ ± ۰/۰۳۰ ^{cAB}	۲/۱۷۶ ± ۰/۰۲۰ ^{dAB}	۲/۹۷۰ ± ۰/۰۵۲ ^{eAB}
اسید آسکوربیک ۱۶۰۰	۰/۳۸۶ ± ۰/۰۱۵ ^{aAB}	۰/۴۶۳ ± ۰/۰۲۵ ^{bAB}	۱/۰۵۰ ± ۰/۰۲۰ ^{cAB}	۲/۱۴۰ ± ۰/۰۲۰ ^{dAB}	۲/۹۶۶ ± ۰/۰۴۱ ^{eAB}

میانگین ± انحراف معیار

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف یا ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین آنتی‌اکسیدان یا زمان مختلف، و حروف بزرگ در هر ردیف یا ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در زمان مختلف است ($p < 0.05$).

رنگین‌کمان در روز ۱۶، مربوط به تیمار شاهد (۴/۹۵) میلی گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم چربی) و کمترین میزان آن مربوط به تیمار اسید آسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم (۲/۹۶) میلی گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم چربی) بود.

مقادیر pH نمونه‌های گوشت ماهی

نتایج مقادیر pH نمونه‌های گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در زمان‌های ۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز پس از صید در تیمارهای مختلف در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

با توجه به جدول ۳، در تمامی تیمارها با گذشت زمان میزان TBA افزایش یافته به‌طوری‌که در ۱۶ روز پس از صید، میزان TBA به شکل معناداری نسبت به زمان‌های قبل افزایش یافته است. براساس نتایج این تحقیق بیشترین میزان TBA در گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در روز ۱۶، مربوط به تیمار شاهد (۴/۹۵) میلی گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم چربی) و کمترین میزان آن مربوط به تیمار آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم (۲/۸۴) میلی گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم چربی) بود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد بیشترین میزان TBA در گوشت ماهی قزل‌آلای

جدول ۴ مقادیر pH برای تیمارهای مختلف آنتی اکسیدان نسبت به زمان

تیمار	زمان نگهداری (روز)	۰	۴	۸	۱۲	۱۶
شاهد		۶/۵۰۰ ± ۰/۰۱۰ ^{aD}	۶/۶۰۰ ± ۰/۰۲۰ ^{bD}	۶/۶۴۰ ± ۰/۰۱۰ ^{cD}	۶/۷۶۰ ± ۰/۰۱۰ ^{dD}	۶/۸۳۰ ± ۰/۰۲۰ ^{eD}
آستاگزانتین ۴۰		۶/۵۰۳ ± ۰/۰۰۵ ^{aD}	۶/۶۰۰ ± ۰/۰۱۰ ^{bD}	۶/۶۶۳ ± ۰/۰۲۰ ^{cD}	۶/۷۵۰ ± ۰/۰۲۰ ^{dD}	۶/۸۱۶ ± ۰/۰۲۵ ^{eD}
آستاگزانتین ۶۰		۶/۴۸۶ ± ۰/۰۱۵ ^{aB}	۶/۵۱۳ ± ۰/۰۰۵ ^{bB}	۶/۵۴۳ ± ۰/۰۲۵ ^{cB}	۶/۶۳۰ ± ۰/۰۱۰ ^{dB}	۶/۷۳۳ ± ۰/۰۱۵ ^{eB}
آستاگزانتین ۱۰۰		۶/۴۹۳ ± ۰/۰۰۵ ^{aA}	۶/۴۹۶ ± ۰/۰۰۵ ^{bA}	۶/۵۳۶ ± ۰/۰۱۵ ^{cA}	۶/۵۹۳ ± ۰/۰۰۵ ^{dA}	۶/۷۱۰ ± ۰/۰۱۰ ^{eA}
اسید آسکوربیک ۱۰۰		۶/۵۰۳ ± ۰/۰۰۵ ^{aD}	۶/۵۸۰ ± ۰/۰۱۰ ^{bD}	۶/۶۵۰ ± ۰/۰۱۰ ^{cD}	۶/۷۲۳ ± ۰/۰۰۵ ^{dD}	۶/۸۳۰ ± ۰/۰۱۰ ^{eD}
اسید آسکوربیک ۴۰۰		۶/۴۸۰ ± ۰/۰۱۰ ^{aC}	۶/۵۱۳ ± ۰/۰۰۵ ^{bC}	۶/۵۸۶ ± ۰/۰۰۵ ^{cC}	۶/۶۲۳ ± ۰/۰۰۵ ^{dC}	۶/۷۷۶ ± ۰/۰۱۵ ^{eC}
اسید آسکوربیک ۱۶۰۰		۶/۴۷۳ ± ۰/۰۰۵ ^{aB}	۶/۵۰۳ ± ۰/۰۰۵ ^{bB}	۶/۵۶۰ ± ۰/۰۱۰ ^{cB}	۶/۶۲۶ ± ۰/۰۱۵ ^{dB}	۶/۷۶۰ ± ۰/۰۱۰ ^{eB}

میانگین ± انحراف معیار

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف و بزرگ در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنادار بین آنتی اکسیدان یا زمان مختلف، و حروف بزرگ در هر ردیف یا ستون نشان دهنده تفاوت معنادار در زمان های مختلف است ($p < 0.05$).

با توجه به جدول ۴، در تمامی تیمارها با گذشت زمان میزان pH افزایش یافته به طوری که در ۱۶ روز پس از صید، میزان pH به شکل معناداری نسبت به زمان های قبل افزایش یافته است. براساس نتایج این تحقیق بیشترین میزان pH گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در روز ۱۶، مربوط به تیمار شاهد (۶/۸۳) و کمترین میزان آن مربوط به تیمار آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم (۶/۷۱) بوده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد بیشترین میزان pH گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در روز ۱۶، مربوط به تیمار شاهد (۶/۸۳) و کمترین میزان آن مربوط به تیمار اسید آسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم (۶/۷۶) بود.

آزمون های حسی

بررسی اثر رنگدانه آستاگزانتین جیره غذایی بر

شاخص های حسی گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان

نتایج بو در ارزیابی حسی نشان داد که بین تیمارهای مختلف آستاگزانتین جیره غذایی در روز ۰، اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0.05$). در روزهای ۴ و ۸

نگهداری در بین گروه ها اختلاف معناداری مشاهده شد ($p < 0.05$). بهترین کیفیت گوشت از لحاظ بو مربوط به تیمار آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم و پایین ترین آن مربوط به تیمار شاهد است. در روز ۱۲ و ۱۶ بهترین کیفیت از لحاظ بو مربوط به تیمار آستاگزانتین ۶۰ میلی گرم و پایین ترین کیفیت گوشت ماهی مربوط به تیمار شاهد بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد استفاده از رنگدانه آستاگزانتین در بهبود وضعیت بوی گوشت ماهی تأثیرگذار است.

نتایج رنگ در ارزیابی حسی نشان داد که بین تیمارهای مختلف آستاگزانتین جیره غذایی در روز ۰، اختلاف معنادار آماری مشاهده نشد ($p > 0.05$). نتایج نشان داد که در تمامی روزهای ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ بهترین کیفیت گوشت مربوط به تیمار آستاگزانتین (به ویژه مقادیر ۱۰۰ میلی گرم و پایین ترین کیفیت گوشت مربوط به تیمار شاهد است).

نتایج بافت در ارزیابی حسی نشان داد که بین تیمارهای مختلف آستاگزانتین جیره غذایی در روز ۰، اختلاف معنادار آماری مشاهده نشد ($p > 0.05$). کیفیت

آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم و پایین ترین کیفیت گوشت ماهی مربوط به تیمار شاهد بود. از این رو استفاده از مقادیر آستاگزانتین ۶۰ میلی گرم در بهبود وضعیت بافت از مراحل پس از صید تا نگهداری تأثیرگذار است (جدول ۵).

گوشت از لحاظ بافت در روز ۴، ۱۲ و ۱۶ نگهداری در بین گروه ها اختلاف معنادار آماری مشاهده شد ($p < 0/05$) که بهترین کیفیت گوشت از لحاظ بافت مربوط به تیمار آستاگزانتین ۶۰ میلی گرم و پایین ترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. در روز ۸ بهترین بافت مربوط به تیمار

جدول ۵ نتایج آزمون حسی تیمارهای آستاگزانتین طی زمان های مختلف نگهداری در یخچال

ردیف	روز	شاهد	گروه ها			N	مربع کای	درجه آزادی	مقدار تقریبی معناداری آزمون	P	آزمون آماری فریدمن (Friedman Test)	
			آستاگزانتین ۴۰	آستاگزانتین ۶۰	آستاگزانتین ۱۰۰						محدوده پایین تر	محدوده بالاتر
			۴۰	۶۰	۱۰۰							
بو	۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱۶	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
	۴	۱/۲۵	۲/۴۵	۳/۰۰	۳/۳۰	۱۰	۱۹/۶۴۰	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۸	۱/۰۸	۲/۵۰	۳/۰۰	۳/۴۲	۱۲	۲۴/۵۵۰	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۱۲	۱/۲۵	۳/۰۰	۳/۶۷	۲/۰۸	۶	۱۴/۷۵۵	۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
رنگ	۱۶	۲/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۲/۰۰	۳	۹/۰۰۰	۳	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۵	۰/۰۶۴
	۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱۶	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
	۴	۱/۰۰	۲/۰۰	۳/۵۰	۳/۵۰	۱۰	۳۰/۰۰۰	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۸	۱/۰۴	۲/۵۰	۲/۷۱	۳/۷۵	۱۲	۳۱/۰۱۰	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
کیفیت بافت	۱۲	۱/۰۰	۲/۷۵	۲/۷۵	۳/۵۰	۶	۱۶/۲۰۰	۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۱۶	۱/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳	۹/۰۰۰	۳	۰/۰۲۹	۰/۰۶۶	۰/۰۶۱	۰/۰۷۰
	۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱۶	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
	۴	۱/۰۵	۲/۹۵	۳/۱۰	۲/۹۰	۱۰	۲۶/۰۷۷	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پذیرش کلی	۸	۱/۱۳	۲/۷۱	۳/۱۳	۳/۰۴	۱۲	۲۶/۶۱۲	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۱۲	۱/۰۰	۲/۸۳	۳/۵۸	۲/۵۸	۶	۱۵/۹۳۸	۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۱۶	۲/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۲/۰۰	۳	۹/۰۰۰	۳	۰/۰۲۹	۰/۰۶۲	۰/۰۵۸	۰/۰۶۷
	۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱۶	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
	۴	۱/۰۵	۲/۸۵	۳/۰۵	۳/۰۵	۱۰	۲۷/۳۸۷	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۸	۱/۰۰	۲/۷۱	۲/۹۲	۳/۳۸	۱۲	۲۷/۱۱۷	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۱۲	۱/۰۰	۳/۰۸	۳/۰۸	۲/۸۳	۶	۱۶/۸۴۶	۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
	۱۶	۱/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۲/۸۳	۳	۷/۸۷۵	۳	۰/۰۴۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۰	۰/۰۴۸

کیفیت گوشت از لحاظ بو مربوط به اسید اسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم و پایین ترین کیفیت گوشت ماهی مربوط به تیمار شاهد است. در روز ۱۲ اختلاف معنادار آماری مشاهده نشد ($p > 0/05$) و کیفیت بو در تمام نمونه ها پایین بود با این وجود بهترین کیفیت بو مربوط به تیمار اسید

بررسی اثر اسید اسکوربیک جیره غذایی بر شاخص های حسی کیفیت گوشت ماهی قزل آلا ی رنگین کمان نتایج بو در ارزیابی حسی نشان داد که بین تیمارهای مختلف اسید اسکوربیک در روز ۰، اختلاف معنادار آماری مشاهده نشد ($p > 0/05$). همچنین در روزهای ۴، ۸ بهترین

اسکوربیک در جیره به میزان ۱۶۰۰ میلی گرم در بهبود رنگ گوشت ماهی در مراحل صید تا نگهداری (تا روز ۱۲) تأثیرگذار است.

نتایج بافت در ارزیابی حسی نشان داد که بین تیمارهای مختلف اسید اسکوربیک جیره غذایی در روز ۰، اختلاف معنادار آماری مشاهده نشد ($p > 0/05$). همچنین در روز ۴ و ۸ نگهداری بین تیمارهای مختلف اختلاف معنادار آماری مشاهده شد ($p < 0/05$) به طوری که بهترین کیفیت گوشت ماهی مربوط به تیمار اسید اسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم و پایین ترین کیفیت آن مربوط به تیمار شاهد است. در روز ۱۲ و ۱۶ همه تیمارها از کیفیت بافت پایینی برخوردار بودند از این رو استفاده از اسید اسکوربیک در جیره به میزان ۱۶۰۰ میلی گرم در بهبود وضعیت بافت گوشت ماهی در مراحل پس از صید و نگهداری (تا روز ۸) تأثیرگذار است.

اسکوربیک ۱۰۰ میلی گرم تشخیص داده شد. در روز ۱۶ همه نمونه ها از کیفیت بوی پایینی برخوردار بودند. از این رو می توان چنین استنباط کرد که استفاده از اسید اسکوربیک در جیره به میزان ۱۶۰۰ میلی گرم در بهبود وضعیت گوشت پس از صید و نگهداری تا روز ۸ تأثیرگذار است.

نتایج رنگ در ارزیابی حسی نشان داد که بین تیمارهای مختلف اسید اسکوربیک جیره غذایی در روز ۰، اختلاف معنادار آماری مشاهده نشد ($p > 0/05$). همچنین نتایج پژوهش نشان داد بین تیمارهای مختلف در روز ۴، ۸ و ۱۲ نگهداری اختلاف معنادار آماری مشاهده شد ($p < 0/05$)، به طوری که بهترین کیفیت گوشت از لحاظ رنگ مربوط به تیمار اسید اسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم و پایین ترین آن مربوط به شاهد است. در روز ۱۶ همه نمونه ها از کیفیت رنگ پایینی برخوردار بودند. از این رو استفاده از اسید

جدول ۶ نتایج آزمون حسی تیمارهای اسید اسکوربیک طی زمان های مختلف نگهداری در یخچال

روز

میانگین رتبه ها در زمان نگهداری (روز) با استفاده از آزمون فریدمن

گروه ها	شاهد	اسید اسکوربیک ۱۰۰	اسید اسکوربیک ۴۰۰	اسید اسکوربیک ۱۶۰۰	N	مربع کای Chi-Square	درجه آزادی	مقدار تقریبی معناداری آزمون	P	آزمون آماری فریدمن (Friedman Test)	
										محدوده پایین تر	محدوده بالاتر
بو	۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱۶	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
	۴	۱/۲۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۱۰	۱۹/۹۲۶	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۸	۱/۶۳	۲/۰۰	۲/۰۰	۱۲	۲۶/۱۳۰	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۱۲	۲/۴۲	۲/۷۵	۲/۴۲	۶	۳/۰۰۰	۳	۰/۳۹۲	۱/۰۰۰	-	-
	۱۶	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۳	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
	۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱۶	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
	۴	۱/۰۰	۲/۴۵	۲/۶۵	۱۰	۲۸/۵۵۱	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۸	۱/۹۶	۱/۹۲	۲/۶۳	۱۲	۱۶/۹۲۶	۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
رنگ	۱۲	۲/۰۸	۲/۴۲	۲/۰۸	۶	۹/۹۲۳	۳	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۰۳۵

۱۶	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۳	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
کیفیت	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱۶	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
بافت	۱/۳۵	۲/۲۰	۳/۲۰	۳/۴۵	۱۰	۲۱/۱۷۹	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۱/۷۵	۱/۹۶	۲/۹۶	۳/۳۳	۱۲	۱۸/۳۲۵	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۲/۳۳	۲/۳۳	۲/۶۷	۲/۶۷	۶	۳/۰۰۰	۳	۰/۳۹۲	۱/۰۰۰	-	-
	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۳	۰	۰	۱/۰۰۰	۰/۰۶۲	-	-
پذیرش کلی	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱۶	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-
	۱/۳۰	۲/۲۵	۲/۶۰	۳/۸۵	۱۰	۲۳/۸۲۱	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۱/۴۶	۲/۱۳	۲/۹۶	۳/۴۶	۱۲	۲۴/۸۰۵	۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	۲/۱۷	۲/۱۷	۲/۱۷	۳/۵۰	۶	۱۲/۰۰۰	۳	۰/۰۰۷	۰/۰۱۷	۰/۰۱۴	۰/۰۲۰
	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۳	۰	۳	۰	۱/۰۰۰	-	-

بحث و نتیجه گیری

هیدرولیز استر اسیدهای چرب گلیسرول تغییر مهمی است که پس از مرگ ماهی رخ می دهد که با آزاد کردن اسید چرب آزاد (FFA) همراه است. واکنش فوق به وسیله آنزیم های لیپاز و فسفولیپاز کاتالیز می گردد (pachko و همکاران ۲۰۰۰). همان طور که می دانیم وجود FFA در روغن و چربی سبب بروز بوی نامطبوع و تغییرات در بافت می شود (Barther, 2008). اگرچه اسید چرب آزاد به تنهایی منجر به کاهش ارزش تغذیه ای نمی شود ولی به نظر می رسد ارزیابی آن در کاهش فساد مهم است (Logasia و همکاران 2007). اثر پراکسیدانی اسید چرب آزاد نیز روی مواد لیپیدی گزارش شده است و در واقع گروه اثرهای تجمع اسیدهای چرب آزاد در عضلات ماهی با توسعه طعم نامطلوب و آسیب های بافتی ناشی از ترکیب آنها با پروتئین عضله مشخص می شود (Mia and Kinsell 1980). آنزیم های هیدرولیز کننده چربی با تأثیر بر چربی، تغییرات عمده ای را پس از مرگ ماهیان رقم زده و میزان اسیدهای چرب آزاد را در آنها افزایش می دهد. بنابراین شاخص خوبی برای بیان تأثیر آنزیم های لیپولیتیک بر چربی ماهی و فراورده های گوشتی دیگر است (Sheft, 1983). دلیل پایین تر بودن اسید چرب آزاد در

نمونه های حاوی اسید اسکوربیک را احتمالاً بتوان به فعالیت ضدباکتریایی آن نسبت داد (Khezri-Ahmadabad, 2012). خواص ضد میکروبی این آنتی اکسیدان ها از سوی محققان مختلف تأیید شده است (Zambuchini 2008, Torregrosa 2006). احتمالاً ویژگی جذب اکسیژن به وسیله این آنتی اکسیدان ها در محصولات و در نتیجه از دسترس خارج کردن اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم ها به عنوان یکی از مهم ترین فعالیت ضد میکروبی آن تلقی شود (Salo and Cliver, 1974, Court, 1974). میزان FFA در روز صفر در تیمار شاهد ۰/۹۶۳ بر حسب اسید اولئیک بود (شکل ۱). در روز ۴ تا ۱۶ میزان اسید چرب آزاد در تیمار شاهد به طور معناداری افزایش داشت به طوری که در روز ۱۶ بیشترین میزان اسید چرب آزاد مربوط به تیمار شاهد (۲/۲۰۰ بر حسب اسید اولئیک) و کمترین میزان آن مربوط به تیمار آستاگزانتین با غلظت ۱۰۰ (۱/۰۰۰ بر حسب اسید اولئیک) بود و تمامی تیمارها روند افزایشی در میزان FFA داشتند. بهترین عملکرد در تیمار آستاگزانتین با غلظت های (۴۰، ۶۰، ۱۰۰) میلی گرم مربوط به غلظت ۱۰۰ میلی گرم بود. در تیمار اسید اسکوربیک بیشترین شاخص FFA در گوشت ماهی قزل آلا رنگین کمان در روز ۱۶ مربوط به

انداخته و سرعت اکسایش را افزایش دهد (Cho, 1989). در تحقیق حاضر در تیمار آستاگزانتین، بیشترین میزان شاخص PV در طی زمان نگهداری گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در روز ۱۶ پس از صید، مربوط به تیمار شاهد ۴/۲۳ میلی اکسی والان O2 در کیلوگرم چربی) و کمترین آن مربوط به تیمار آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم (۲/۶۰ میلی اکسی والان O2 در کیلوگرم چربی) می‌باشد. بررسی نمونه‌ها در روز نهایی نشان داد که تمامی آنها (گروه شاهد و آستاگزانتین) در مقادیر مجاز PV قرار داشتند. همچنین در تیمارهای حاوی اسید اسکوربیک در مقایسه با تیمار شاهد بیشترین میزان شاخص PV در روز ۱۶ مربوط به تیمار شاهد (۴/۲۳ میلی اکسی والان O2 در کیلوگرم چربی) و کمترین آن مربوط به اسید اسکوربیک ۴۰۰ و ۱۶۰۰ میلی گرم (۲/۶۷ و ۲/۶۹ میلی اکسی والان O2 در کیلوگرم) چربی بوده است. به عبارتی دیگر، استفاده از بالاترین مقادیر آستاگزانتین و اسید اسکوربیک در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان سبب بهبود وضعیت کیفی گوشت در طی زمان نگهداری به دلیل ویژگی آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات و کاهش PV گردید. در ضمن حد مجاز پراکسید در فیله ماهی برای مصرف انسانی ۱۰ میلی اکسی والان O2 در ۱۰۰۰ گرم چربی عنوان شده است (Lodasa و همکاران 2004). نتایج پژوهش بیانگر تأثیر آنتی‌اکسیدانهای اسید اسکوربیک و آستاگزانتین در کاهش فساد است. آنتی‌اکسیدان‌ها با اهدای هیدروژن با لیپیدهای اکسید نشده رقابت می‌کنند (Lin and Liang, 2002)، بنابراین با اهدای یک اتم هیدروژن یا الکترون آزاد باعث تشکیل ترکیبات پایدار می‌شوند یا ممکن است از طریق شلاته کردن یون‌های فلزی (عوامل پرواکسیدان) (Mahdavi و همکاران ۱۹۹۱) یا فرونشاندن اکسیژن یگانه (Bellus 1995) یا حذف پراکسید، اثر مثبت خود را در

تیمار شاهد (۲/۲۰۰ بر حسب اسید اولئیک) و کمترین آن مربوط به تیمار اسید اسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم (۱/۰۰۰ بر حسب اسید اولئیک) بود که روند افزایشی در میزان FFA در تیمارهای اسید اسکوربیک بود. از این‌رو بهترین عملکرد در تیمارهای اسید اسکوربیک با غلظت (۱۶۰۰، ۴۰۰، ۱۰۰) میلی گرم مربوط به تیمار با غلظت ۱۶۰۰ میلی گرم است. طی دوره نگهداری در یخچال تیمارها با بالاترین غلظت اسید اسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم و آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان سبب بهبود وضعیت کیفی گوشت در حداکثر زمان نگهداری به دلیل ویژگی آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات و کاهش تغییرات اسیدهای چرب آزاد شد. نتایج این پژوهش با یافته‌های (Rezaei, 1381)، (Ojagh و همکاران، ۱۳۸۴)، (BenGigirey و همکاران، ۲۰۰۰) دومین شاخص مورد بررسی عدد پراکسید (PV) می‌باشد. عامل محدودکننده خیلی مهم در نگهداری ماهیان به صورت منجمد، اکسیداسیون چربی‌های ذخیره شده در بافت‌های ماهیچه‌ای است (Pirson و همکاران، ۱۹۸۳). اندازه‌گیری عدد پراکسید به منظور تعیین محصولات اولیه اکسیداسیون چربی (هیدروپراکسیدها) به کار می‌رود (Perez and pozo، 1990) و تولید آن تغییری در ویژگی حسی ماهی ایجاد نمی‌کند، اما ممکن است منجر به ایجاد خطرهایی برای مصرف کننده شود (Pacheco, 2000). طبق تحقیقات انجام شده با گذشت زمان سرعت تشکیل هیدروپراکسیدها افزایش یافته و بیشتر از سرعت تجزیه آنها است بنابراین شاخص پراکسید افزایش می‌یابد (Armando, 1998). همچنین اگر در سیستم این ترکیبات اسید چرب آزاد و اسید اسکوربیک وجود داشته باشد، ممکن است واکنش متقابل بین این ترکیبات و مولکول توکوفرول رخ دهد و کمپلکس‌هایی شکل گرفته که آنتی‌اکسیدان را به دام

فرار در حضور اکسیژن مربوط دانست (Cidan and Aiah) and Sanyal 2009. براساس نتایج تحقیق حاضر اثر آنتی اکسیدان و زمان بر مقادیر اسید تیوباربتوریک (TBA) و همچنین اثر متقابل بین آنتی اکسیدان و زمان دارای رابطه معناداری بوده است ($p < 0.05$)، همچنین در تیمار آستاگزانتین، بیشترین میزان شاخص TBA در طی زمان نگهداری گوشت ماهی قزل آلا رنگین کمان در روز ۱۶، مربوط به تیمار شاهد ($4/95$ میلی گرم مالون آلدهید بر ۱ کیلوگرم گوشت) و کمترین آن مربوط به تیمار آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم ($2/84$ میلی گرم مالون آلدهید بر ۱ کیلوگرم گوشت) است و در تیمار اسید آسکوربیک، میزان شاخص (TBA) در ماندگاری گوشت ماهی قزل آلا رنگین کمان در روز ۱۶ مربوط به تیمار شاهد ($4/95$ میلی گرم مالون آلدهید بر ۱ کیلوگرم گوشت) و کمترین آن مربوط به تیمارهای اسید آسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم ($2/96$ میلی گرم مالون آلدهید بر ۱ کیلوگرم گوشت) می باشد. به عبارتی دیگر استفاده از بالاترین مقادیر آستاگزانتین و اسید اسکوربیک در جیره غذایی ماهی قزل آلا رنگین کمان سبب بهبود وضعیت کیفی گوشت در حداکثر زمان نگهداری به دلیل ویژگی آنتی اکسیدانی این ترکیبات و کاهش فساد و مقادیر (TBA) می گردد. Gomes و همکاران (2003) و Namulema و همکاران (2010) در تحقیق خود نیز تأکید داشته اند که روند افزایشی این شاخص به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان ها در ماهیچه و همچنین تولید آلدهیدها از محصولات ثانویه حاصل از شکست هیدروپراکسیدها است و کاهش (TBA) را به واکنش احتمالی مالون دی آلدهید با انواع ترکیبات یا اجزای موجود در عضلات از جمله پروتئین ها و اسیدهای آمینه آزاد نسبت داده اند (Namulema و همکاران، ۱۹۸۹). در تحقیق انجام شده تیمار شاهد نشان دهنده اکسیداسیون

جلوگیری از فساد اعمال کنند (Diplock, 1994). در تمامی تیمارها میزان پراکسید تولید شده در زمان نگهداری کمتر از تیمار شاهد است و ادامه فعالیت این آنتی اکسیدان ها علی رغم عمر محدود آنتی اکسیدان های طبیعی موجود در سلول، به دلیل عدم تأمین انرژی پس از مرگ ماهی موجب شد تا با ادامه مدت نگهداری، میزان پراکسید در تیمارهای حاوی آنتی اکسیدان کمتر از شاهد باشد (Ojagh, 1384). برخی از آنتی اکسیدان ها از طریق حذف اکسیرن اثرهای مثبت خود را اعمال می کنند برای مثال اسید اسکوربیک با جذب اکسیژن به هیدرو آسکوربیک تبدیل شده و بدین صورت اکسیژن لازم برای اکسیداسیون را کاهش می دهد (Sahari, 1391). در تمامی تیمارها میزان پراکسید با افزایش مدت نگهداری بیشتر شد که با نتایج (Ojagh و همکاران ۱۳۸۴) و (Sahidi and Wanasundra, 1998) مطابقت دارد. کاهش جزئی مقادیر پراکسید با افزایش مدت نگهداری (در روز سوم) ممکن است به دلیل واکنش های ثانویه اکسیداسیون و تولید کربونیل و ترکیبات فرار باشد (Vidya and Srikar, 1996) که با نتایج (Ojagh و همکاران، ۱۳۸۴) و (Lin, 2004) مطابقت دارد. سومین شاخص شیمیایی در تحقیق حاضر شاخص اسید تیوباربتوریک (TBA) بوده است. این شاخص به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون لیپید در ماهیان به طور وسیعی استفاده می شود که میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدهیدها را نشان می دهد. TBA اکسیداسیون چربی ها براساس محتوای مالون دی آلدهید (MDA) می باشد. مالون دی آلدهید (MDA) توسط هیدروپراکسیدهایی تشکیل می شود که حاصل واکنش اولیه اسیدهای چرب با اکسیژن است (Kostaki و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش مقادیر اسید تیوباربتوریک تیمارها در طی دوره را می توان به اکسیداسیون لیپید و تولید متابولیت های

گوشت ماهی در برخی روزهای نگهداری ممکن است به دلیل تولید ترکیبات بازی مانند آمونیاک، تری متیل آمین ها و دیگر آمین های بیوژنی باشد که توسط باکتری های عامل فساد در ماهی تولید می شود (Gram and Huss, 1996). در تحقیق حاضر پایین تر بودن میزان pH تیمار اسید اسکوربیک ۱۶۰۰ و آستاگزانتین ۱۰۰ نسبت به گروه شاهد نشان داد که استفاده از بالاترین مقادیر اسید اسکوربیک و آستاگزانتین در جیره سبب بهبود وضعیت کیفی گوشت در حداکثر زمان نگهداری به دلیل ویژگی آنتی اکسیدانی این ترکیبات گردید (Yilmaz, 2009). به طوری که استفاده از آنتی اکسیدان به دلیل ممانعت از فعالیت پروتئازهای داخلی در نهایت، مانع شکسته شدن پروتئین ها و تولید آمین ها شود (Baydar, 2004). نتایج تحقیق حاضر با یافته های Ali beygi و همکاران (۱۳۹۲) هم راستا بوده است.

بررسی های حسی (بو، رنگ، کیفیت بافت) و پذیرش کلی نشان داد که استفاده از رنگدانه آستاگزانتین در بهبود وضعیت بوی گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان تأثیرگذار است. در تمامی روزهای ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ بهترین کیفیت گوشت از لحاظ رنگ مربوط به تیمارهای آستاگزانتین (به ویژه مقادیر ۱۰۰ میلی گرم) و پایین ترین کیفیت گوشت ماهی مربوط به تیمار شاهد می باشد. همچنین براساس یافته های این پژوهش استفاده از رنگدانه آستاگزانتین به میزان ۶۰ میلی گرم در بهبود وضعیت بافت و میزان ۶۰ و ۱۰۰ میلی گرم در بهبود وضعیت پذیرش کلی گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در مراحل پس از صید تأثیرگذار است. همچنین نتایج بررسی های حسی در باره تیمارهای اسید اسکوربیک نشان داد استفاده از اسید اسکوربیک در جیره غذایی به میزان ۱۶۰۰ میلی گرم در بهبود وضعیت بوی گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در مراحل پس از

چربی و پیشرفت کاهش کیفیت و فساد است و مقادیر TBA از محدوده قابل پذیرش خیلی بیشتر بود در حالی که در بالاترین مقادیر استفاده از اسید اسکوربیک و آستاگزانتین پس از ۱۶ روز مقادیر (TBA) از حداکثر محدوده قابل پذیرش کمتر بوده است. نتایج این تحقیقات با یافته های (Rezaei, 1381) و (Ben Gigirey و همکاران، ۲۰۰۰) هم راستا است. چهارمین شاخص در تحقیق حاضر pH می باشد. pH نمونه ماهی می تواند به عوامل متعددی چون گونه، تغذیه، دمای ماهی و شرایط نگهداری و ظرفیت بافری گوشت مرتبط باشد. افزایش pH می تواند نشان دهنده رشد باکتری کاهش کیفیت و در نهایت فساد ماهی باشد (Gram and Huss 1996). pH عضله ماهی زنده نزدیک به ۷ است اما پس از مرگ براساس فصل و گونه و عوامل متعدد دیگر میزان pH به طور قابل ملاحظه ای تغییر می کند (Cakli, 2006). در این مطالعه تغییرات فیله ماهی طی نگهداری در یخچال به مدت ۱۶ روز (جدول ۴) نشان داد در تیمارهای آستاگزانتین، بیشترین میزان شاخص pH در گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در روز ۱۶ پس از صید، مربوط به تیمار شاهد (۶/۸۳) و کمترین آن مربوط به تیمار آستاگزانتین ۱۰۰ میلی گرم (۶/۷۱) است. در تیمارهای اسید اسکوربیک، بیشترین میزان شاخص PH در گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در روز ۱۶ پس از صید مربوط به تیمار شاهد (۶/۳۸) و کمترین آن مربوط به تیمار اسید اسکوربیک ۱۶۰۰ میلی گرم (۶/۷۶) می باشد؛ اگرچه در روز نهایی pH گوشت در مرز حد مجاز قرار داشت اما به مقدار بحرانی (pH= ۷) نزدیک بود. دلیل تغییر جزئی pH در طول دوره نگهداری ماهی را نتیجه تأثیر تجزیه اسید کربنیک و وجود ترکیبات آمونیومی دانستند که در اثر فساد باکتریایی تولید می شود (Yilmaz و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین افزایش pH

فنون دریایی ایران، پاییز و زمستان ۱۳۸۴، دوره ۳، شماره ۴ صفحه ۷-۱.

اجاق، سیدمهدی؛ سحری، محمدعلی؛ رضایی مسعود (۱۳۸۳). اثر آنتی اکسیدان های طبیعی بر کیفیت ماهی کِلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris caspia*) به هنگام نگهداری در یخ، مجله علوم و فنون دریایی ایران، دوره ۳، شماره ۴، صص ۷-۱.

انصاری، راضیه؛ علیزاده، مرتضی؛ شمسایی مهرجان، مهدی؛ خدادادی، مژگان (۱۳۹۲). تأثیر آستازانتین سنتتیک و جلبکی (*Haematococcus pluvialis*) بر بازدهی تکثیر مولدین ماده قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، سال هفتم، شماره دوم، صفحات ۲۲-۱۵.

احسانی، علی (۱۳۹۲). تأثیر افزودن لیکوپن به جیره بر شاخص های رشد، تغذیه و زمان ماندگاری ماهی قزل آلا، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، ص ۱.

بیگی، علی، طیب؛ علیزاده دوغیکلائی، ابراهیم؛ زکی پور رحیم آبادی، اسحق (۱۳۹۲). بررسی اثر آنتی اکسیدانی عصاره پوست پرتقال بر کیفیت فیله کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) هنگام نگهداری در یخچال ۴°C، نشریه شیلات ایران، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۶، شماره ۲، صص ۱۹۷-۱۸۵.

رضائی م.؛ سحری م. ع.؛ معینی س.؛ صفری م.؛ غفاری (۱۳۸۲). مقایسه کیفیت چربی کِلکای آنچوی (*Clupeonella engrauliformis*) در دو روش حمل و نگهداری موقت سرما؛ مجله علمی شیلات ایران؛ سال دوازدهم؛ شماره ۳.

صید و ماندگاری (تا روز ۸)، بهبود وضعیت بوی گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در مراحل پس از صید و ماندگاری (تا روز ۱۲)، بهبود وضعیت بافت گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در مراحل پس از صید و ماندگاری (تا روز ۸) و بهبود وضعیت بافت پذیرش کلی گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در مراحل پس از صید و ماندگاری (تا روز ۱۲) تأثیرگذار است. نتیجه این پژوهش با یافته های (Alibeygie و همکاران، ۱۳۹۲)، (Ehsani, 1392)، (Khosh Kholgh و همکاران، ۱۳۹۲)، (Wang و همکاران، ۲۰۰۶) و (Sicuro و همکاران، ۲۰۱۰)، همخوانی و مطابقت دارد.

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از آنتی اکسیدان های آستازانتین با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و اسیداسکوربیک با غلظت ۱۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم موجب افزایش کیفیت و ماندگاری گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان در مقایسه با تیمار شاهد (تغذیه شده با غذای کنسانتره عادی) شدند. به طور کلی مقایسه عملکرد دو تیمار آستازانتین با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و اسیداسکوربیک با غلظت ۱۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم حاکی از عملکرد بهتر تیمار آستازانتین با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم جیره از نظر شاخص های مورد مطالعه (شیمیایی و حسی) بود.

منابع

اجاق، سید مهدی؛ سحری، محمد علی؛ رضایی، مسعود (۱۳۸۴). امکان استفاده از آنتی اکسیدان های β -کاروتن و پلی فنل های چای در نگهداری کِلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris caspia*) با یخ، مجله علوم و

shallot (*Allium ascalonicum*) Bulbs. J Arch Biochem Biophys 1993; 306(2): 431-8.

Namulema A., Muyonga J. H., Kaaya A. N. (1999) Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27°C; Food Research International; 1999; 32: 151-156.

Ozyurt G., Polat A., Tokur B., (2007). Chemical and sensory changes in frozen (-18 °C) wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) captured at different fishing seasons. Internatinal journal of food science and Technology, 42: 887-893.

Pacheco-Aguilar R, Lugo-Sanchez ME. (2000). Robles-Burgueno MR. Postmortem biochemical characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 °C. Journal of Food Science; 65:40-47.

Sampels, Sabine. (2013). *Oxidation and Antioxidants in Fish and Meat from Farm to Fork.*

Shewfelt R.L. (1981). Fish muscle lipolysis-A review; J Food Biochem; 1981; 5: 79-100.

Sicuro B., Barbera S., Dapra F., Gai F., Gasco L., Paglialonga G., Palmegiano G. B., Vilella S. (2010). The olive oil by-product in 'rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)' farming: productive results and quality of the product. Aquaculture Research, 41: 475-486

Muzzalupo, I. (Ed.), Food industry. InTech, Rijeka, Croatia, pp. 115-144. ISBN 980-953-307-860-6. (Book chapter)

Sallam, Kh.I. And Samejima, K. (2004). Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. LWT-Food Science Technology. 37: 865-87

Sanker T. V., Raghunath M. R. (1995). Effect of prefreezing iced storage on the lipid fraction of *Ariomma indica* during frozen storage; Fishery Technology; 1995; 32 (2): 88-92.

Yasir, I. and Qin, J.G., 2010. Effect of dietary carotenoids on skin color and pigments of false clownfish, *Amphiprion ocellaris*, Cuvier. Journal of the World Aquaculture Society.

Vidya S. R. G., Srikar L. N. (1996). Effect of preproccessice storage on the lipid changes of Japanese threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) mince during frozen; Asian Fisheries Science; 1996; 9: 109-114.

Wang HX, Ng TB. (2002). Ascalin a new anti-fungal peptide with human immunodeficiency virus type 1 reverse transcriptase-inhibiting activity from shallot bulbs. J Peptides, 23: 1025-29.

فانو (۲۰۱۴). آمارصید و آبی‌پروری جهانی، مترجم:

سولماز صدق‌پور و سلطان نظری، دفتر برنامه و بودجه سازمان شیلات ایران، صص ۲۰-۱.

Booth, M., Warner-Smith, R., Allan G. and Glencross, B., 2004. Effect of dietary astaxanthin source and light manipulation on the skin colour of Australian snapper *Pagrus auratus* (BlochN and Schneider, 1801). Aquac Res 35:845-464

Gomes, H.A., Silva, E.N., Nascimento, M.R.L. and Fukuma, H.T. (2003). Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. Food Chemistry, 80: 433-7.

Gram, L. and Huss, H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. Int. J. Food Microbiol. 33: 589-595.

Halver, J. E., Hardy, R. W. (2002). The vitamins, Fish Nutrition. Academic. Press, San Diego, CA, p 61-141.

Keefe, T. (2001). Ascorbic acid and stable ascorbate esters as sources of vitamin C in Aquaculture Feeds .ASA Technical Bulletin Vol .AQ48. 1-9.

Kop, A. and Durmaz, Y., 2008. The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum sp*). Aquaculture .122.17-18

Kostaki M, Giatrakou V, Savaidis IN, Kontominas MG. (2009) Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. J Food Microbiology: 26: 475-482.

Kostaki M, Giatrakou V, Savaidis IN, Kontominas MG. (2009). Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. J Food Microbiology 2009; 26: 475-482.

Lin CC, Lin CS. (2004). Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillet by glazing with tea. Food Chem 2004; 16(2): 169-175.

Lin, C.C. and Liang, J.H. (2002). Effect of antioxidants on the oxidative stability of chicken breast meat in a dispersion system. Journal of Food Science, 67: 530- 533.

Mo HQ, Vandamme EJM, Peumans WJ, Goldstein IJ. (1993). Purification and characterization of a mannose-specific lectin from

Yilmaz, M., Ceylan, Z.G., Kocaman, M., Kaya, M. and Yilmaz, H. (2009). The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of *Listeria* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Journal Muscle Foods*, 20: 465–77.

Wang, Y.J., Huchien, Y. and Hugpan, Ch. (2006) Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation and antioxidant capacity of characins, (*Hyphessobry callistus*) Department of Aquaculture, National Taiwan Ocean University Keelung, Taiwan.P .202.

Effect of diets containing astaxanthin and ascorbic acid on rancidity and sensory assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during refrigeration storage

Sahla alizade¹, Seyed Mahdi Ojagh ^{*2}, Alireza Alishahi², Seyed Hojat Mirsadeghi³

1- M.Sc Student, Dept.of Fisheries Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran.

2- Associated Prof., Dept. of Seafood Science and Technology, Faculty of Fisheries and Environmental Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3- Ph.D. Student, Dept. of Fisheries Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran

Received: 03.08.2016

Accepted: 23.04.2017

*Corresponding author: Mahdi_ojagh@yahoo.com.

Abstract:

The effect of feeding rainbow trout with diets containing ascorbic acid (100, 400, 1600 mg/ kg) and astaxanthin (40, 60 and 100 mg/ kg) on its fillet quality during 16 days refrigeration (3-5°C) was studied. Fish were fed for 2 months with the designated diets, then killed and filleted. The fillets were kept in the refrigerator for 16 days. The process of quality changes in fillets was assessed using chemical indicators, such as peroxide value (PV), thiobarbituric acid (TBA) and free fatty acid (FFA) and PH as well as sensory indicators through sampling every four days (0, 4, 8, 12 and 16). The results showed that the antioxidant and refrigeration time had significant effects on FFA, PH, PV and TBA. The highest storage conditions and sensory properties were achieved in the sample containing 1600 mg/kg ascorbic acid and 100 mg/kg astaxanthin.

Keywords: Ascorbic acid, Astaxanthin, Rainbow trout