

بررسی اکسیداسیون چربی فیله‌ی قزل آلا‌ی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در دمای $1 \pm 4^\circ\text{C}$ با استفاده از تکنیک پردازش تصویر

محمد حسن کمانی^{۱*}، سید علی مرتضوی^۲، امید صفری^۳، معصومه مهربان سنگ آتش^۴

^۱ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، باشگاه پژوهشگران جوان، سبزوار، ایران

^۲ عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و صنایع غذایی، سبزوار، ایران

^۳ عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی، دانشکده‌ی منابع طبیعی، گروه شیلات، مشهد، ایران

^۴ عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی، گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، مشهد، ایران

چکیده

ماهی به دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی اسید چرب با چند پیوند دوگانه و درصد بالای پروتئین جزو مواد غذایی سریع الفساد است و با نگهداری در شرایط مناسب و فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی باعث بروز فساد و کاهش کیفیت گوشت ماهی می‌شود که از مهمترین آنها فساد اتولیتیکی، فساد باکتریایی و فساد شیمیایی می‌باشد. لذا کنترل کیفی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و قوانین و استانداردهای خاصی را می‌طلبد. اندازه‌گیری پراکسید برای تعیین مقدار محصولات اولیه اکسیداسیون چربی (هیدروپراکسیدها) بکار می‌رود که معرف درجه پیشرفت اکسیداسیون و در نتیجه کاهش کیفیت ماهی می‌باشد. در این پژوهش نظر به اهمیت پرورش ماهی قزل آلا‌ی رنگین کمان، روند فساد اکسایشی چربی‌ها بوسیله‌ی تکنیک پردازش تصویر بررسی گردیده است. بدین صورت همزمان با سنجش میزان اندیس پراکسید در فیله‌های نگهداری شده در یخچال در روزهای مختلف، میزان تغییرات رنگی فیله نیز بوسیله سیستم پردازش تصویر بررسی گردید. پس از اندازه‌گیری اندیس پراکسید حاصل از فساد ماهی و استخراج پارامترهای اصلی رنگ سنجی $L^*a^*b^*$ نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه شد. همچنین از بررسی نتایج اندیس پراکسید و پارامترهای رنگ سنجی مدل رگرسیونی $(R^2_{\text{adjusted}} = 78/5 ; P < 0/05)$ $- 0/08 a^* + 0/78 b^*$ $PV = 20/52 - 0/22L^*$ بدست آمد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ سنجی به کمک تکنیک پردازش تصویر می‌توان میزان اندیس پراکسید را در فیله‌ی ماهی قزل آلا‌ی رنگین کمان نگهداری شده در یخچال را تخمین زد.

واژه‌های کلیدی: اندیس پراکسید، قزل آلا‌ی رنگین کمان، پارامترهای رنگ سنجی، پردازش تصویر

1- مقدمه

محصولات دریایی نقش قابل توجهی در تأمین غذای مردم جهان دارند و با شناسایی مطلوبیت و برتری غذایی این فرآورده‌ها بر دیگر مواد پروتئینی روز به روز بر مصرف آنها افزوده می‌شود. وجود نیازهای تغذیه‌ای به خصوص در کشورهای در حال توسعه و امکان تأمین قسمتی از آن از طریق منابع دریایی، ضرورت شناخت، توجه و بهره‌گیری از این منابع را به خوبی نشان می‌دهد (5). در بین گونه‌های متفاوت پرورشی ماهی قزل آلاهی رنگین کمان از نظر تولید بالای سالیانه، قابلیت دسترسی برای مصرف کننده و پراکنش مناسب از اهمیت زیادی بین پرورش دهندگان و مصرف کنندگان برخوردار است و اغلب به صورت ماهی کامل از مغازه های خرده فروشی و یا به صورت فیله شده و شکم خالی از مغازه های بزرگ قابل نظر تهیه است. نظر به ارزش اقتصادی و غذایی، درصد بالای تولید و شیوه‌های نگهداری موقت و عرضه این ماهی، بررسی کیفیت و تعیین عمر ماندگاری آن در یخچال و تاثیرات بسته بندی و افزودنی‌های مختلف بر آن از جنبه‌های مهم مطالعات کیفی در بهداشت و تغذیه انسان بشمار می‌رود (2).

ماهی به دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی اسید چرب با چند پیوند دوگانه¹ و درصد بالای پروتئین جزو مواد غذایی سریع الفساد است و با نگهداری در شرایط مناسب فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی باعث بروز فساد و کاهش کیفیت گوشت ماهی می‌شود که از مهمترین آنها فساد اتولیتیکی²، فساد باکتریایی و فساد شیمیایی می‌باشد. لذا کنترل کیفی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و قوانین و استاندارد های خاصی را می‌طلبد (5). اندازه‌گیری پراکسید برای تعیین مقدار محصولات اولیه اکسیداسیون چربی (هیدروپراکسیدها) بکار می‌رود که معرف درجه پیشرفت اکسیداسیون و در نتیجه کاهش کیفیت ماهی می‌باشد و در مطالعات زیادی از این شاخص برای سنجش مقادیر اولیه فساد استفاده شده است (1). جهت جلوگیری و به تعویق انداختن فساد اکسیداتیو گوشت ماهی راهکارهای متفاوتی ارائه شده است که از مهمترین آنها می‌توان استفاده از استفاده از پلی فنل چای به عنوان آنتی اکسیدان در ماهی ماکرل (11)، استفاده از عصاره‌ی رزماری (2) و اسانس آویشن (4) در ماهی

قزل آلا را نام برده که سبب به تعویق انداختن میزان اکسیداسیون چربی‌ها در فرایند فساد می‌گردند.

مصرف کنندگان مواد غذایی مورد نیاز خود را در فروشگاه‌ها در مرحله‌ی اول براساس ادراک دیداری مورد ارزیابی قرار داده و انتخاب می‌کنند. چون ظاهر و رنگ محصول در آن لحظه تنها فاکتورهای کیفی در دسترس هستند که اطلاعات مستقیم از خود ماده‌ی غذایی در اختیار قرار می‌دهند. این پارامترها بسیار مهم می‌باشند چون ممکن است سبب رد محصول شود (7). به منظور انجام یک ارزیابی دقیق از سطح ماده غذایی و کنترل کیفیت آن داشتن اطلاعات تصویری از تمام نقاط سطح آن ضروری است. در سال‌های اخیر استفاده از سیستم بینایی کامپیوتری برای اندازه گیری رنگ مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است. تکنیکی که با استفاده از یک دوربین دیجیتال و یک نرم افزار پردازش تصویر، امکان بکارگیری یک روش با قیمت ارزان‌تر و انعطاف پذیری بالاتر نسبت به دستگاه‌های متداول اندازه گیری رنگ را فراهم آورده است.

این روش علاوه بر مزایای دستگاه های رنگ سنجی مرسوم و موارد گفته شده در بالا به دلیل انجام آنالیز نقطه‌ای که شامل گروه کوچکی از پیکسل‌ها می‌باشد جهت بررسی جزئیات و تشخیص نقص‌ها مناسب بوده و امکان آنالیز کلی از سطح ماده غذایی به منظور ارزیابی یکنواختی محصول را فراهم می‌کند. از دیگر مزایای این روش این است که می‌تواند به صورت پردازش همزمان جهت کنترل فرآیندها بکار رود (3). در این پژوهش نظر به اهمیت ماهی قزل آلاهی رنگین کمان، روند فساد اکسیداتیو چربی‌ها بوسیله‌ی تکنیک پردازش تصویر بررسی گردیده است.

2- مواد و روش‌ها

2-1- تهیه ماهی و آماده سازی نمونه ها

ماهی قزل آلاهی رنگین کمان با میانگین وزنی 50 ± 600 گرم از یک مزرعه‌ی پرورشی ماهیان سردآبی واقع در حاشیه شهر مشهد (طرقبه) بصورت زنده خریداری شد و بلافاصله به همراه یخ به آزمایشگاه پژوهشگاه اقبال دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند. پس از وزن کردن ماهی‌ها، عملیات سرزنی، فلس گیری، تخلیه امعا و احشا صورت گرفت و سپس با آب معمولی شسته شده و به شکل فیله درآمدند. پس از عملیات فیله کردن، ماهیان به دسته‌هایی جداگانه جهت انجام اندازه گیری اندیس پراکسید و

¹ Poly Unsaturated Fatty Acid (PUFA)

² Autolytic Spoilage

صحنه‌ی مشکی گرفته شده و توسط کابل USB به کامپیوتر انتقال و با پسوند JPEG ذخیره شد. عکس‌های حاصل توسط نرم افزار Image J 1.45s مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جدول 1 تنظیمات دوربین مورد استفاده را نشان می‌دهد (22).

جدول 1- تنظیمات دوربین برای تصویرگیری

Operation Mod	Settings
Off	Zoom
Off	Flash
200	Iso
F/5	Aperture AV
15	M
Daylight	White Balance
22	Distance from the lens

2-3-2- پردازش تصویر

شاخص اصلی که در تصویر حاصل از فیله ماهی مورد آنالیز قرار گرفت رنگ می‌باشد. عکس‌های گرفته شده به نرم افزار Image J فراخوانده شدند. به طوری که ابتدا عکس‌ها از بک گراند خود جدا شده و سپس پارامترهای RGB اندازه گیری شد. سپس مقادیر RGB به دلیل وابستگی به دوربین عکس برداری و عدم یکنواخت بودن، به فضای $L^*a^*b^*$ تبدیل شدند (28). جهت برآورد بهتر 3 نقطه‌ی دیگر جهت نمونه برداری از عکس فیله انتخاب و هر کدام به صورت مجزا از محیط RGB به محیط $L^*a^*b^*$ تغییر پیدا کردند (12). در نهایت داده‌ها بر حسب سیستم $L^*a^*b^*$ ، a^* و b^* اندازه گیری و بیان شد که براساس پیشنهاد کمیسیون بین المللی روشنایی هر کدام به ترتیب بیانگر میزان روشنایی (درخشش)، قرمزی و زردی نمونه‌ها می‌باشد که به عنوان یک استاندارد جهانی در نظر گرفته شده است (14).

2-4- آنالیز آماری

آزمایشات در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. بعد از تحقق دو شرط اصلی تجزیه واریانس (همگن بودن واریانس و نرمال بودن داده‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های لیونز و کولموگروف اسیمرنوف)، از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه برای مقایسه واریانس و از آزمون دانکن برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها (در سطح اعتماد 5 درصد) از طریق نرم افزار آماری SPSS نسخه 18 استفاده به عمل آمد. جهت ارائه مدل، رابطه رگرسیونی بین میزان اندیس

۶۱ برداری تقسیم شدند و سپس هر ماهی براساس زمان مخصوص خود در زیپ پک‌ها قرار گرفتند. در نهایت زیپ پک‌ها در 3 باسکت مخصوص (جهت 3 تکرار) گذاشته شده و سپس در دمای یخچال 1 ± 4 درجه سانتیگراد در مدت زمان‌های صفر، 5، 10، 15 و 20 روز نگهداری شد.

2-2- اندازه‌گیری اندیس پراکسید

به حدود 3 گرم از چربی استخراج شده از گوشت ماهی 30 سی سی مخلوط اسید استیک + کلروفرم (40% کلروفرم + 60% اسید استیک) و 0/5 سی سی یدور پتاسیم اشباع به آن افزوده، یک دقیقه با دست هم می‌زنیم، سپس 30 سی سی آب مقطر به آن اضافه کرده و هم می‌زنیم. پس از هم زدن 0,5 سی سی نشاسته 1% نیز در داخل ارلن می‌ریزیم. در صورت وجود پراکسید یک حلقه ارغوانی (بنفش) در قسمت بالای ظرف تشکیل می‌شود که آنرا با تیوسولفات سدیم 0,01 نرمال تا بیرنگ شدن محلول تیترو می‌نماییم. سپس میزان پراکسید را بر حسب میلی اکی‌والان اکسیژن فعال در هر کیلوگرم نمونه طبق رابطه‌ی 1 محاسبه می‌نماییم (8).

(رابطه‌ی 1)

$$PV = \frac{\text{نرمالیه} \times \text{حجم مصرفی تیوسولفات}}{\text{وزن نمونه روشن}} \times 1000$$

2-3-2- عکس برداری و آنالیز تصاویر دیجیتالی

2-3-1- تصویربرداری

پس از خروج نمونه‌ها از یخچال عملیات تصویرگیری انجام گرفت. ابزار مورد استفاده مربوط به پردازش تصویر شامل کامپیوتر، نرم افزار مربوطه، دوربین دیجیتال، سیستم عکس برداری و روشنایی مناسب بود. بدین صورت که در زمان‌های تعیین شده و در شرایط ثابت نمونه‌ها در جعبه‌ی عکس برداری قرار می‌گرفت. برای تصویرگیری از اتاقکی که دیواره‌های آن با رنگ مشکی پوشیده بود، استفاده شد تا بازتاب نور در فضا ایجاد نشود و از ایجاد نوسان در تصویرگیری جلوگیری گردد. سیستم نوری بگونه‌ای تنظیم شد که کمترین میزان انعکاس نور را در سطح گوشت مشاهده می‌شد. پس از نمونه‌گذاری درب جعبه بسته شده و توسط یک دوربین دیجیتال مدل EOS 1000D Canon و نرم افزار مربوطه، عکس‌ها از نمونه‌ی مورد نظر با پشت

ثانویه مثل آلدئیدها و کتون‌ها می‌شوند که سبب توسعه‌ی فرایند اکسیداسیونی می‌گردند (4، 6).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری اندیس پراکسید بیانگر یک روند افزایشی معنی‌داری در فیله‌ی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود ($P < 0/05$). میزان اولیه اندیس پراکسید در اولین روز نگهداری در دمای یخچال 0/83 بود که در روز بیستم به بیشترین مقدار خود 14/27 رسید. بیشترین سرعت افزایش اندیس پراکسید از روز دهم به بعد بود. دلیل این افزایش سرعت حمله‌ی رادیکال‌های پراکسید تولید شده به سایر مولکول‌های چربی می‌باشد که سبب تولید رادیکال‌های آزاد جدید و افزایش اندیس پراکسید می‌شود. پراکسیدها ترکیبات ناپایداری هستند و پس از تولید به ترکیبات ثانویه‌ی دیگری شکسته می‌شوند و ممکن است پس از تولید یک روند کاهش در میزان آن‌ها دیده شود (25). بیشتر محصولات حاصل از اکسیداسیون، موادی سمی و موتاژنیک می‌باشد که می‌توانند سبب بروز تغییر در DNA و جهش ژنتیکی شود (21). حد مجاز و قابل قبول پیشنهادی برای اندیس پراکسید 10 الی 20 میلی‌اکی‌والان گرم پراکسید بر کیلوگرم چربی می‌باشد که در نمونه‌های فیله بررسی شده در پس از روز شانزدهم از مرز 10 میلی‌اکی‌والان عبور کرده است (20). روند نتایج حاصل از اندازه‌گیری درصد اندیس پراکسید با نتایج سایر محققین در این زمینه همخوانی داشت (9، 13، 26). بررسی روابط بین میزان اندیس پراکسید و زمان نگهداری در دمای یخچال رابطه‌ی غیرخطی درجه دو را نشان دادند (جدول 3).

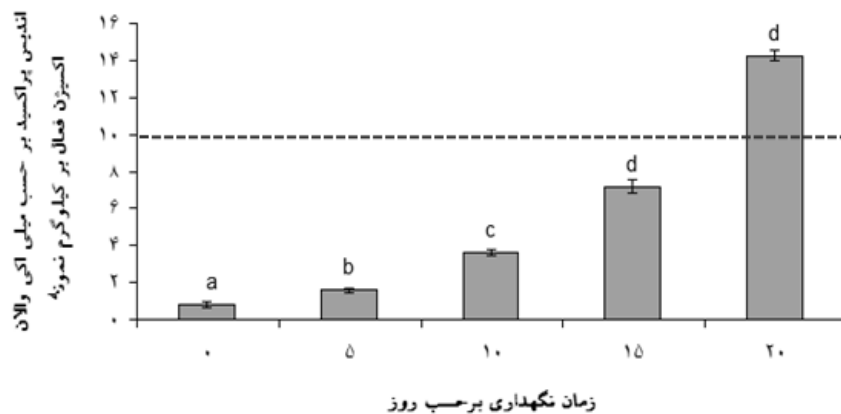
پراکسید و شاخص‌های رنگی نیز بررسی شد. همچنین جهت بررسی همبستگی بین شاخص‌های مورد بررسی از آزمون همبستگی پیرسون در سطح اعتماد 5 درصد استفاده گردید (29).

3- نتایج و بحث

3-1- اندیس پراکسید

جهت تعیین هیدروپراکسیدها به عنوان محصول اولیه اکسیداسیون چربی در ماهیان از شاخص پراکسید استفاده می‌شود (2). نتایج حاصل از اندازه‌گیری اندیس پراکسید در طی دوره نگهداری در شکل 1 نشان داده شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری اندیس پراکسید بیانگر یک روند افزایشی معنی‌داری در فیله‌ی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود ($P < 0/05$). کمترین میزان اندیس پراکسید در اولین روز نگهداری در دمای یخچال 0/83 میلی‌اکی‌والان بود که در روز بیستم به بیشترین مقدار خود 14/27 میلی‌اکی‌والان رسید.

قزل‌آلای رنگین‌کمان به دلیل غنی بودن از اسیدهای چرب تک غیراشباع (50%) و اسیدهای چرب چند غیر اشباع (26%) نسبت به اکسیداسیون چربی حساسیت بالایی داشته به همین دلیل مدت زمان عمر ماندگاری آن کوتاه می‌باشد. هیدرو پراکسید، محصول اولیه اکسیداسیون چربی‌ها و اسیدهای چرب چند غیر اشباعی است. پراکسیدها ترکیباتی بدون طعم و بو هستند و نمی‌توانند بوسیله مصرف کنندگان تشخیص داده شوند و میزان آن‌ها با اندازه‌گیری میزان پراکسید ارزیابی می‌شود. این ترکیبات به دلیل ناپایداری شدید باعث به وجود آمدن ترکیبات



شکل 1- میانگین (\pm انحراف معیار) اندیس پراکسید (میلی اکی‌والان اکسیژن فعال در کیلوگرم نمونه) فیله‌ی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده طی روزهای مختلف نگهداری در دمای یخچال ($n=3$)

2-3- پارامترهای رنگ سنجی

همزمان با افزایش زمان نگهداری و پیشرفت فساد، میزان اولیه پارامتر روشنایی L^* ، 82/7 بود که تا پایان دوره نگهداری، افزایش آماری معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0/05$). به طوری که مقادیر این پارامتر ابتدا به تدریج افزایش معنی‌داری یافت (تا روز پانزدهم) و به 88/18 رسید و در ادامه روند کاهش را از خود نشان داد و در روز بیستم به 84/34 رسید ($P < 0/05$). مقادیر اولیه شاخص قرمزی (a^*)، -0/13 بود که این مقدار همزمان با افزایش میزان L^* و زمان ماندگاری، به میزان کمی کاهش یافت و گرایش آن به سمت مقادیر مثبت شد اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P < 0/05$). میزان مولفه‌ی قرمزی در روز بیستم 5/82 - مشاهده شد. میزان تغییرات در پارامتر زردی (b^*) افزایش آماری معنی‌داری را به سمت مقادیر مثبت نشان داد. به طوری که میزان اولیه این شاخص در روز اول 0/13 بود که در روز بیستم به 12/73 رسید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای رنگ سنجی در طی دوره نگهداری در جدول 2 نشان داده شده است.

نتایج بررسی روابط رگرسیونی میزان تغییرات اسید چرب آزاد با زمان نگهداری، پارامترهای رنگ سنجی در جدول 3 ارائه شده است.

جدول 2- میزان تغییرات پارامترهای رنگ سنجی (L^* ، a^* و b^*) در فیله‌ی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در دمای یخچال*

روز	L^*	a^*	b^*
0	82/70±0/44 ^a	-7/20±0/48 ^a	-0/13±0/33 ^a
5	85/05±2/59 ^{ab}	-6/72±0/87 ^a	-0/04±0/21 ^a
10	85/15±2/36 ^{ab}	-7/42±0/29 ^a	0/97±0/14 ^a
15	88/18±3/05 ^b	-6/13±1/09 ^a	11/14±0/91 ^b
20	84/34±1/06 ^{ab}	-5/82±0/91 ^a	12/73±1/32 ^b

* میانگین‌های با حداقل یک حرف غیر مشترک در سطح آماری 5 درصد تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر دارند (n=3)

جدول 3- روابط رگرسیونی میزان اندیس پراکسید با زمان نگهداری (روز) و پارامترهای اولیه (L^* ، a^* ، b^*)

معادله رگرسیونی	رابطه
$PV = 1/03 - 0/16 \text{ DAY} + 0/04 \text{ DAY}^2$ ($R^2_{\text{adjusted}} = 99/3; P < 0/05$)	رابطه‌ی میزان اندیس پراکسید با زمان نگهداری
$PV = 20/52 - 0/22 L^* - 0/08 a^* + 0/78 b^*$ ($R^2_{\text{adjusted}} = 78/5; P < 0/05$)	رابطه‌ی میزان اندیس پراکسید با پارامترهای اولیه رنگ سنجی

رنگ سنجی نشان داد که بیشترین میزان همبستگی اندیس پراکسید با پارامترهای b^* ($R=90/5$) می‌باشد که یک رابطه‌ی مثبت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده شد.

رنگ فیله‌ی ماهی تازه به عوامل مختلفی نظیر جیره‌ی غذایی (15)، روش کشتار و خونگیری (23) و فصل صید (18) بستگی دارد. رنگ گوشت فیله‌ی قزل‌آلای تازه صید شده، قرمز کم رنگ تا صورتی می‌باشد که بسته به نوع تغذیه ماهی میزان شدت آن متفاوت است (24). به عنوان مثال بررسی‌ها نشان داده‌اند که اختلاف شدت قرمزی در ماهی قزل‌آلای به میزان زیادی به رنگدانه‌های کارتنوئیدی مصرفی در تغذیه ماهی بستگی دارد که درجات متفاوت قرمزی فیله تازه قزل‌آلا با میزان مصرف

همزمان با افزایش میزان اندیس پراکسید در طول زمان نگهداری، پارامتر روشنایی L^* تا روز پانزدهم به تدریج افزایش و سپس اندکی کاهش یافت. درحالی‌که شاخص قرمزی (a^*) به میزان کمی کاهش یافت و گرایش آن به سمت مقادیر مثبت شد اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود. شاخص زردی (b^*) یک افزایش قابل توجه معنی‌داری داشت که میزان آن نشان دهنده زرد شدن فیله در اثر افزایش زمان نگهداری و افزایش میزان اندیس پراکسید در فیله می‌باشد. با بررسی روابط رگرسیونی بین میزان اندیس پراکسید با پارامترهای (L^* ، a^* ، b^*) مدل پیشگوی چند متغیره خطی با ضریب تبیین خوبی بدست آمد (جدول 3). بررسی همبستگی بین میزان پراکسید تولید شده و پارامترهای

(10). ذکر این نکته ضروری است که اندازه گیری های صورت گرفته به روش پردازش تصویر در هر پژوهش منحصرأ مربوط به آن پژوهش می باشد و نمی توان نتایج حاصله را به عنوان یک شاخص کاملاً دقیق برای سایر محصولات مشابه تعمیم داد. زیرا سیستم های متفاوتی از نظر منبع نوری، ابعاد و ابزار مورد استفاده در این پژوهش ها به کار برده شده و متعاقباً با توجه به نوع سیستم مورد استفاده نتایج متفاوت بدست خواهد آمد. ولی روند این نتایج بسیار مهم بوده و قابل تعمیم می باشد.

4- نتیجه گیری

در این پژوهش میزان پراکسید در فیله ماهی قزل آلی رنگین کمان که در دمای 4+ در زمان های مختلف نگهداری شده بود بوسیله تکنیک پردازش تصویر بررسی گردید. بدین صورت ابتدا میزان این اندیس بوسیله ی روش آزمایشگاهی متداول اندازه گیری و سپس با پارامترهای رنگ سنجی حاصل از سیستم پردازش تصویر مقایسه گردید. از نتایج حاصل رابطه ی رگرسیونی خوبی بدست آمد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پردازش تصویر یک روش مناسب جهت تخمین میزان اندیس پراکسید در فیله ی ماهی قزل آلا رنگین کمان می باشد که از لحاظ زمان، هزینه، تجهیزات و نسبت به سایر روش های آزمایشگاهی، روشی مقرون به صرفه و کارآمد می باشد. اندازه گیری پارامترهای شیمیایی فساد در گوشت ماهی نیاز به مواد خاص آزمایشگاهی، تجهیزات و زمان زیاد می باشد. در حالی که استفاده از تکنیک پردازش تصویر بسیار کم هزینه و سریع بوده و نتایج آن نسبت به سایر روش ها نسبتاً دقیق می باشد. لذا با توجه به کاربردی بودن نتایج حاصله از پردازش تصاویر رنگی فیله ی قزل آلا ی رنگین کمان، می توان به کمک مدل های پیشگوی بدست آمده میزان فساد را در این فیله تخمین زد.

5- منابع

- 1- اجاق، م.، سحری، م.، و رضایی، م. (1383). اثر آنتی اکسیدانهای طبیعی بر کیفیت ماهی کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris caspia*) به هنگام نگهداری در یخ. مجله علوم و فنون دریایی ایران. جلد 3. ص 1-7.

آستاگزانتین و کانتاگزانتین در جیره غذایی آنها اثبات شده است (15). میزان تغییرات رنگ فیله ی قزل آلا ی رنگین کمان طی زمان نگهداری بوسیله ی آزمون حسی رنگ، در بسیاری از پژوهش ها بررسی شده است. به طوری که روند تغییر رنگ ناشی از فساد گزارش شده توسط پنلیست ها، بیانگر این است که از میزان رنگ قرمزی - صورتی فیله ی قزل آلا ی رنگین کمان طی زمان نگهداری کاسته شده و رو به سمت سفیدی و زردی بیشتر می رود. این تغییر رنگ در بسیاری از بررسی های حسی بر روی فیله ی قزل آلا ی رنگین کمان اثبات شده است (10، 24).

نتایج بررسی تغییرات رنگی سایر بررسی ها بر روی فیله قزل آلا نشان داد که پارامترهای L^* ، C^* و h^* به تدریج طی نگهداری در دمای یخچال افزایش یافته اند که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت (16). در بررسی دیگر بر روی گوشت ماهی زردباله، میزان تغییرات رنگی آن در مدت دو روز نگهداری در یخ بررسی گردید. نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای a^* b^* L^* مشابه نتایج این تحقیق بیانگر یک روند افزایشی تدریجی هر سه پارامتر طی زمان نگهداری فیله در یخ بود به طوری که پارامترهای L^* ، a^* و b^* به ترتیب از 55، 0/41- و 12/2 به 57، 1/22 و 15/1 تغییر پیدا کردند (27). در بررسی دیگر اثر درجات مختلف فشار بالا بر روی فیله ماهی سی باس اروپایی صورت پذیرفت. پس از اعمال فشارهای مختلف همه ی نمونه های تیمار شده و کنترل به مدت 14 روز در دمای یخچال نگهداری و تغییرات رنگ آنها مورد بررسی قرار گرفت. به جز پارامتر a^* سایر پارامترهای L^* ، b^* ، C^* و h^* در نمونه ی کنترل طی زمان نگهداری در اثر پیشرفت فساد افزایش یافتند (17). میزان تغییرات رنگی فیله ی ماهی هالیبوت طی نگهداری در یخ به مدت 26 روز بررسی شد. با افزایش زمان نگهداری فیله ها در یخ پارامترهای L^* و b^* بطور معنی داری افزایش یافتند ولی پارامتر a^* کاهش یافت (19).

میزان تغییر رنگ گوشت فیله ی ماهی طی زمان نگهداری تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار دارد. به طوری که تغییر رنگ ناشی از فساد را نمی توان به یک عامل خاص محدود کرد و مجموعه ای از عوامل شیمیایی و میکروبی فساد در کنار هم سبب ایجاد این تغییر رنگ می شوند. اما فیله ی ماهی به دلیل دارا بودن رنگدانه های میوگلوبین و هموگلوبین و تغییر رنگ ناشی از فساد اکسیداتیو آنها، مهمترین نقش را در تغییر رنگ گوشت بازی می کنند

- development during the chilled storage of farmed Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Eur. J. Lipid Sci. Technol. 107 : 411–417.
- 10- Alasalvar, c., Wanasundara, u., Shahidi., Miyashita, k. 2011. Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications. Blackwell Publishing. UK. p: 70.
- 11- Banerjee S.(2006). Inhibition of mackerel (*Scomber scombrus*) muscle lipoxy genase by green tea polyphenols. J.Food Research International. 39: 486-491.
- 12- Bugeon, J., Lefevre, F., Cardinal, M., Uyanik, A., Davenel, A., and Haffray, P. 2010. Flesh quality in large rainbow trout with high or low fillet yield. J.Muscle Foods. 21: 702–721.
- 13- Çoban, O. E. 2012. Evaluation of essential oils as a glazing material for frozen rainbow trout (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) fillet. J. Food Processing and Preservation. ISSN 1745-4549. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2012.00722.x.
- 14- CIE. 1976. Official recommendations on uniform colour space, colour difference equations and metric colour terms. Commission Internationale de l'Eclairage 15. Paris, France.
- 15- Choubert, J., and Blanc, J., and Courvalin, C. 1992. Muscle carotenoid content and colour of farmed rainbow trout fed astaxanthin or canthaxanthin as affected by cooking and smoke-curing procedures. J. Food Science and Technology . 27: 277-284.
- 16- Choubert, G., and Baccaunaud, M. 2006. Colour changes of fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) fed astaxanthin or canthaxanthin during storage under controlled or modified atmosphere. J. LWT . 39 :1203–1213.
- 17- Cheret, R., Chapleau, N., Delbarre-ladrat, C., Verrez-bagnis, V., and Lamballerie, M.D. 2005. Effects of High Pressure on Texture and Microstructure of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.) Fillets. J.Food Engineering and Physical Properties. 70: 477- 4833.
- 18- Espe, M., Ruohonen, K., Bjørnevik, M., Frøyland, L., Nortvedt, R., and Kiessling, A. 2004. Interactions between ice storage time, collagen composition, gaping and textural properties in farmed salmon muscle harvested at different times of the year. J. Aquaculture. 240 : 489–504.
- 19- Guillerm-resgost, C., Haugen, T., Nortvedt, R., Carlehog, M., Torelunestad, B., Kiessling, A., and Rora, A.M.B. 2006. Quality Characterization of Farmed Atlantic Halibut During Ice Storage. J. Food science. 71: 83-90.
- 20- Ghomi, M.R., Nikoo, M., Heshamatipour, Z., Jannati, A., Ovissipour, M., Benjakul, S., Hashemi, M., Faghanilangroudi, H., Hasandoost, M and Jadiddikhani, D. 2011. Effect
- 2- اعتمادی، ح.، رضایی، م.، و عابدیان، ع. 1387. پتانسیل آنتی باکتریایی و آنتی اکسیدانی عصاره رزماری (*Rosmarinus officinalis*) در افزایش عمرماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علوم و صنایع غذایی ایران. جلد 4. صفحه 67-77.
- 3- افشاری جویباری، ح.، و فرحناکی، ع. 1388. امکان استفاده از نرم افزار فتوشاپ برای اندازه گیری رنگ مواد غذایی: بررسی تغییرات رنگ خرمای مضافتی بم در طی رساندن مصنوعی. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ایران. جلد 5. صفحه 37-46.
- 4- حمزه، ع.، و رضائی، م. 1390. اثرات ضد اکسیداسیونی و ضد باکتریایی پوشش آلزینات سدیم به همراه اسانس آویشن بر فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در یخچال. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. جلد 6. ص 11-20.
- 5- حیدری، م.، آخوندزاده، ا.، و رضایی، م. 1383. مطالعه تغییر میزان هیستامین و آمین‌های فرار ماهی سالم منجمد در مقایسه با شمارش کلی میکروبی و ارائه مدل پیشگو. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. جلد 1. ص 23-31.
- 6- رضایی، م.، پزشکی، س.، حسینی، ه.، و اسکندری، س. 1390. اثر آنتی اکسیدانی عصاره موسیر (*Allium ascalonicum*) عصاره زرد چوبه (*Curcuma longa*) و ترکیب آنها بر تغییرات چربی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بسته بندی شده در خلاء. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره 8. شماره 28.
- 7- محبی، م.، شهیدی، ف.، ویریدی، م.، و انصاری فر، الهام. 1390. استفاده از پردازش تصویر در بررسی کینتیک تغییرات رنگ سطح ناگت پنیر، حین سرخ شدن به روش عمیق. مجموعه مقالات بیستمین کنگره علوم و صنایع غذایی ایران. دانشگاه صنعتی شریف. تهران.
- 8- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2002. Peroxide Value of Oils and Fats Method 965.33. Official Methods of Analysis (17th edn). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- 9- Aubourg, S.P., Vinagre, J., Rodriguez, A., Losada, V., Larrain, M. A., Quitral, V., Gomez, J., Maier, L., and Wittig, E. 2005. Rancidity

- of sodium acetate and nisin on microbial and chemical change of cultured grass carp (CTENOPHARYNGODON IDELLA) during refrigerated storage. *J. Food Safety*. 31 : 169–175.
- 21- Lushchak, V.I., and Bagnyukova, T.V. 2006. Effects of different environmental oxygen levels on free radical processes in fish. *J. Comparative Biochemistry and Physiology.Part B* 144: 283–289.
- 22- Mohebbi, M., Akbarzadeh, M.R., Shahidi, F., Moussavi, M., and Ghoddusi, H. 2009. Computer vision systems (CVS) for moisture content estimation in dehydrated shrimp. *J. Computers and Electronics in Agriculture* . 69 :128–134.
- 23- Morzel, M., and Vis, H.V.D. 2003. Effect of the slaughter method on the quality of raw and smoked eels (*Anguilla anguilla* L.). *J. Aquaculture research*. 34:1-11.
- 24- Nollet, L.M.L. *Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality*. 2007. First edition, Blackwell Publishing Ltd. Australia. P: 39.
- 25- Ozogul, Y., zyurt, O., zogul, F., Kuley, E., and Polat, A. 2005. Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. *J. Food Chemistry*. 92 : 745–751.
- 26- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H., and Hosseini, S.M.H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *J. Food Chemistry*. 120 : 193–198.
- 27- Sohn, J., Taki, Y., Ushio, H., Kohata, T., Shioya, I., and Ohshima, T. 2005. Lipid Oxidations in Ordinary and Dark Muscles of Fish: Influences on Rancid Off-odor Development and Color Darkening of Yellowtail Flesh During Ice Storage. *J. Food science*. 70: 490-496.
- 28- Wu, D and Sun, D. 2013. Colour measurements by computer vision for food quality control - A review. *J. Trends in Food Science & Technology*. 29 : 5-20.
- 29- Zar, J. H. 1999.. *Biostatistical Analysis*. New Jersey, USA. Prentice-Hall, Inc.