مقاله علمی – پژوهشی:

مطالعه تغییرات کیفیت فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی دوره نگهداری در مخازن عرضه زنده

جواد مهری[۱]، مهدی شمسایی مهرجان*[۱]، لاله رومیانی[۲]، هومن رجبی اسلامی[۱]

* m.shamsaie@srbiau.ac.ir

۱- گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲-گرو گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱٤۰۰ تاریخ پذیرش: خرداد ۱٤۰۱

چکیده

این مطالعه با هدف مقایسه و ارزیابی تغییرات کیفی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در مخازن عرضه زنده انجام شد. ماهیان مورد بررسی شامل ماهیان نگهداری شده در مزرعه و ماهیان نگهداری شده در مخازن عرضه زنده به مدت ۲۴ و ۷۲ ساعت بود. غذادهی ۲۴ ساعت قبل از انتقال و در زمان نگهداری در مخازن عرضه زنده قطع شد. آزمون‌های مورد بررسی شامل پارامترهای شیمیایی pH، بازهای نیتروژنی فرار کل (TVB-N)، اسیدهای چرب فرار (FFA)، پراکسید (PV) و تیوباربیتوریک اسید (TBA) و تعیین میزان باکتری‌های *Pseudomonas* spp.، سرمادوست، *E.coli*، Enterobacteriaceae، باکتری‌های زنده کل (TVC)، آزمون‌های رنگ‌سنجی (a^*، L^* و b^*)، آنالیز پروفایل بافت (به‌هم پیوستگی، صمغی، سختی و الاستیسیته) و ارزیابی حسی (رنگ، بو، مزه، تردی، ظاهر و پذیرش کلی) بود. نتایج نشان داد که مقدار pH در دامنه ۷/۱۸-۶/۶۸ متغیر بود که افزایش معنی‌داری با افزایش زمان نگهداری ماهی در مخازن عرضه زنده نشان داد ($P<۰/۰۵$). بالاترین مقدار TBA، TVB-N و FFA در ماهی‌های نگهداری شده در مخازن عرضه زنده در زمان نگهداری ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد. از نظر استانداردهای موجود در مورد میزان باکتری در فیله ماهی، در مخازن ۷۲ ساعت نگهداری، فقط میزان سودوموناس در محدوده مجاز بود و در این مخازن سایر باکتری‌ها رشدی فراتر از محدوده استاندارد داشتند. رنگ قرمز فیله ماهی (a^*) با افزایش زمان نگهداری روند کاهشی داشت. بافت فیله ماهی با افزایش زمان نگهداری در مخازن عرضه زنده الاستیسیته، سختی و صمغی بالاتری داشت. همچنین به‌هم‌پیوستگی بافت فیله با افزایش زمان نگهداری ماهی به صورت عرضه زنده افزایش و از میزان ۰/۴۱ به ۰/۵۳ نیوتن رسید ($P<۰/۰۵$). فاکتورهای حسی فیله ماهی با افزایش نگهداری ماهی در مخازن عرضه زنده، روند کاهشی معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$) به‌طوری‌که در ماهیان مزرعه، بالاترین امتیاز حسی و در ماهیان نگهداری شده در مخازن عرضه زنده به مدت ۷۲ ساعت کمترین امتیاز حسی اندازه‌گیری و ماهیان مزرعه، بالاترین پذیرش کلی از سوی مصرف‌کنندگان داشتند. با توجه به نتایج، نگهداری ماهی بیش از ۲۴ ساعت در مخازن نگهداری عرضه زنده، سبب خارج شدن فیله از استانداردهای کیفی از نظر پارامترهای باکتریایی، شیمیایی و حسی شد.

لغات کلیدی: مخازن عرضه زنده، ماندگاری، کیفیت فیله، قزل‌آلای رنگین‌کمان

*نویسنده مسئول

مقدمه

محصولات دریایی نقش قابل‌توجهی در تأمین غذای مردم جهان دارند و با شناسایی مطلوبیت و برتری ارزش غذایی این فرآورده‌ها بر سایر مواد پروتئینی، روزبه‌روز بر مصرف آنها افزوده می‌شود. افزایش درآمد و نرخ شهرنشینی، آگاهی از ارزش غذایی ماهی و تاثیر آن بر سلامتی باعث شده است تا طی سال‌های ۹۱-۱۳۸۱، مصرف سرانه ماهی از ۵/۲ به ۱۰/۲ کیلوگرم افزایش یابد. تولید آبزی‌پروری از ۳۷۱۸۴۰ طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۳، ۵۵۳۳۱۸ تن در ایران افزایش یافت که سهم تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان از ۱۲۶۰۰۰ تن در سال ۱۳۹۳ به ۱۹۰۲۸۷ تن در سال ۱۳۹۹ رسید (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۹-۱۴۰۰). بدون تردید عرضه صحیح و بهداشتی ماهی و سایر آبزیان نقش بسیار مهم و اساسی در تغییر و بهبود الگوی مصرف خانواده‌ها در مورد آبزیان ایفاء می‌نماید. یکی از روش‌های مناسب جهت عرضه آبزیان، فروش آنها به صورت زنده می‌باشد که در کشورهای توسعه یافته از جمله چین و ژاپن این مراکز توسعه بسیاری یافته‌اند و خریداران زیادی را به‌خود جلب کرده‌اند. باتوجه به روند رو به رشد آگاهی مردم از کیفیت محصولات آبزیان، این روش جایگاه خوبی در میان مردم پیدا کرده است. از سویی، با افزایش سطح آگاهی و حساسیت جامعه نسبت به مسائلی مانند اهمیت ارزش غذایی، کیفیت و تازگی محصولات و تمایل مصرف‌کنندگان به خرید آبزیان تازه، از جمله عواملی هستند که سبب توسعه صنعت فروش آبزیان به صورت زنده طی سال‌های اخیر شده است (Aktarn *et al.*, 2013). برخی از مزایای سیستم عرضه زنده آبزیان شامل: امکان عرضه محصول به صورت تازه و با کیفیت بهتر برای جلب اعتماد مصرف‌کننده، بالابردن سرانه مصرف، قابلیت فروش ماهی در تمام طول سال، ایجاد تنوع در شکل و نحوه عرضه، رفع مشکلات سیستم سنتی توزیع و عرضه زنده آبزیان و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید می‌باشد (Eltholth *et al.*, 2015). بنابراین، حفظ کیفیت محیط نگهداری آبزیان طی این دوره اهمیت به‌سزایی دارد.

نوع پروتئین و ترکیب اسیدهای چرب موجود در گوشت آبزیان باعث شده است تا روند تغییرات فیزیکی و شیمیایی در این محصولات با سرعت بیشتری نسبت به سایر گوشت‌ها انجام شود (Erikson *et al.*, 2021). شایان ذکر است، تغییرات در بدن ماهی بلافاصله پس از صید آغاز و عوامل فساد ماهی فعالیت خود را با سرعت شروع می‌کنند و با بالا رفتن دمای محیط و جابه‌جایی نامناسب آبزی، روند تغییرات و فساد در گوشت ماهی شتاب بیشتری به‌خود می‌گیرد (Digre *et al.*, 2017). بنابراین، در صورتی‌که این محصولات به‌درستی نگهداری و عرضه نشوند، با سرعت بیشتری فاسد شده و از ارزش غذایی آن کاسته می‌شود (Khadem *et al.*, 2020). در زمان نگهداری ماهی‌ها به شکل عرضه زنده در فروشگاه‌های متفاوت، قطع غذا به دلیل تولید مواد زاید، انجام می‌شود، اما این عدم تغذیه و مدت زمان نگهداری ماهی به صورت زنده می‌تواند بر کیفیت فیله ماهی تاثیر بگذارد (Gao *et al.*, 2009). مقالات منتشره در زمینه تاثیر شرایط نگهداری بر کیفیت فیله بعد از مرگ ماهی نظیر Michalczyk و Surowka (۲۰۰۹) که تاثیر شرایط نگهداری بر کیفیت فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، Erikson و همکاران (۲۰۱۸) تاثیر نگهداری فیله ماهی در یخ یا استفاده از موادی که سبب افزایش ماندگاری فیله ماهی می‌شوند نظیر استفاده از عصاره جلبک بر ماندگاری فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان *O. mykiss* (Saez *et al.*, 2021)، تاثیر پوشش کیتوزان بر ماندگاری فیله در سردخانه (Ebadi *et al.*, 2021)، تاثیر عصاره اتانولی پوست پرتقال بر فلور باکتری‌های مولد فساد بر ماندگاری فیله فیل‌ماهی (*Huso huso*) (اورعی و همکاران، ۱۳۹۹) متمرکز بوده‌اند و تاثیر شرایط نگهداری در زمان زنده بودن ماهی بر کیفیت آن بسیار کم مورد توجه قرار گرفته است که در این زمینه، این مقاله کاری جدید محسوب می‌شود. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تاثیر زمان نگهداری ماهیان در شرایط عرضه زنده بر تغییرات کیفی فیله ماهی، انجام شد.

مواد و روش کار

۳۰۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۴/۶۶±۲۷۰ گرم) از مزرعه پرورش ماهی در استان البرز صید شدند. ۱۵۰ عدد از آنها با استفاده از ماشین‌های تانکردار (حجم ۴۰۰۰ لیتر) دارای هواده به مراکز فروش ماهی در تهران به صورت عرضه زنده، منتقل شدند (تیمار اول و دوم). غذادهی ۲۴ ساعت قبل از جابجایی و در حین نگهداری به صورت عرضه زنده قطع گردید. تیمارهای مورد مطالعه شامل:

تیمار مزرعه: ماهیان صیدشده از مزرعه بدون انتقال

تیمار اول: ماهیان صیدشده از مزرعه و انتقال به مراکز عرضه زنده بعد از ۲۴ ساعت

تیمار دوم: ماهیان صیدشده از مزرعه و انتقال به مراکز عرضه زنده بعد از ۷۲ ساعت

ماهیان مورد مطالعه پس از تخلیه امعاء و احشاء و پس از قطع سر و دم به صورت فیله درآمدند و برای آزمون‌های شیمیایی و میکروبی در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

مطالعه آزمون‌های شیمیایی

pH

۲ گرم فیله ماهی در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر یکنواخت شد. سپس میزان pH با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (Rashnolab, Iran) اندازه‌گیری شد (AOAC, 2000).

اسید تیوباربیتیوریک (TBA)

میزان اسید تیوباربیتیوریک به روش رنگ‌سنجی اندازه‌گیری شد. ۲۰۰ میلی‌گرم فیله چرخ شده ماهی به یک بالن ۲۵ میلی‌لیتری انتقال داده و با بوتانول به حجم رسانده شد. به ۵ میلی‌لیتر از مخلوط مذکور، ۵ میلی‌لیتر از معرف TBA اضافه و نمونه‌ها در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار گرفته و پس از آن در دمای محیط سرد شد. سپس مقدار جذب (As) در ۵۳۲ نانومتر در مقابل نمونه شاهد (آب مقطر) (Ab) خوانده شد. مقدار TBA (میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی) براساس معادله ۱ محاسبه گردید (Pearson, 1997):

$$TBA = \frac{(As - Ab) \times 50}{200}$$ معادله ۱

بازهای نیتروژنی فرار کل (TVB-N)

میزان TVB-N به روش تقطیر و تیتراسیون اندازه‌گیری شد. فیله ماهی با محلول اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تیتر و غلظت بازهای نیتروژنی فرار بر اساس میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه و بر اساس معادله ۲ به‌دست آمد (AOAC, 2000):

معادله ۲ ۱۰۰×۴/۱× میزان تیترازول نمونه شاهد- نمونه مصرفی (میلی‌لیتر)= میزان مواد ازته فرار

اسیدهای چرب آزاد (FFA)

جهت سنجش اسیدهای چرب آزاد ۲۰ گرم فیله ماهی و با مقدار کافی کلروفرم در همزن کاملاً مخلوط شد. سپس از روی کاغذ صافی عبور داده شده و محلول صاف شده از روی یک کاغذ صافی دیگر که حاوی سولفات سدیم خشک بود، عبور داده شد. حجم معمولی از روی محلول صاف شده به یک بالن که قبلاً در اتوکلاو خشک و پس از سرد شدن، توزین گردید، منتقل و پس از تبخیر کلروفرم، مقدار چربی (نسبت چربی در حلال) تعیین شد. سپس ۲۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده به یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل و ۲۵ میلی‌لیتر الکل خنثی به آن اضافه گردید. اسیدهای چرب آزاد به‌وسیله محلول سود ۰/۱ نرمال در برابر معرف فنل فتالئین خنثی و اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسیداولئیک محاسبه گردیدند (AOAC, 2000).

شاخص پراکسید (PV)

در ابتدا ۱۰ گرم فیله ماهی با دستگاه چرخ گوشت، چرخ شده و ۵۰ گرم از آن با ۵۰ سی‌سی کلروفورم و ۱۰۰ سی‌سی متانول به صورت هم‌زمان با هم‌زن برقی در ۳ دقیقه با دور تند هم زده شد. مخلوط در دکانتور ریخته شده تا روغن از گوشت جدا شد. روغن و حلال با قیف دارای کاغذ صافی شماره ۴ وارد بالن شیشه‌ای دستگاه روتاوپیور با دمای آب ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد و سپس حلال از روغن جدا شد. برای اندازه‌گیری پراکسید، ۳ گرم روغن به ظرف ۲۵۰ میلی‌لیتر منتقل و مقدار ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط کلروفورم و اسیداستیک به آن اضافه شد. یک میلی‌لیتر از محلول یدیدپتاسیم اشباع به مخلوط اضافه و برای مدت ۵ دقیقه در شرایط تاریک نگهداری شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مخلوط اضافه شد و با استفاده از تیوسولفات سدیم ۱ درصد نرمال تا مرحله ناپدید شدن رنگ زرد تیتر گردید. یک میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱/۵ درصد به مخلوط اضافه و تیتراسیون ادامه یافت تا رنگ آبی تیره از بین برود. نمونه شاهد فاقد روغن ماهی بود. میزان پراکسید بر حسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰۰ گرم بر اساس معادله ذیل محاسبه خواهد شد (AOAC, 2000):

معادله ۲ $1000\ (V_1-V_2)N/W$

V_1: مقدار تیوسولفات سدیم با نرمالیته N (میلی‌لیتر)، V_2: مقدار تیوسولفات سدیم مورد استفاده برای آزمایش کنترل، W: وزن (گرم) نمونه مورد استفاده، N: نرمالیته تیوسولفات سدیم مصرفی

آنالیز باکتریایی

تعداد باکتری نمونه‌ها با هموژن کردن ۱۰ گرم فیله ماهی در ۹۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۹ درصد کلریدسدیم در شرایط استریل آغاز شد. تعیین بار باکتریایی کل (TVC) بر طبق استاندارد شماره ۵۲۷۲ (ISIRI, 2002) صورت پذیرفت. به این منظور، ۵ گرم نمونه با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر به کیسه استریل استومیکر منتقل و با دستگاه استومیکر به صورت هموژن درآمد. سپس نمونه‌ها تا رقت 10^{-5} میلی‌لیتر رقیق شدند. ۱ میلی‌لیتر از هر رقت در پلت قرار داده و محیط کشت پلت کانت آگار به آن افزوده شد. هر پلیت به منظور توزیع همگن نمونه به دقت تکان داده شد. بعد از چند دقیقه همه پلت‌ها وارونه شده و در انکوباتور به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. برای شمارش باکتری‌های سودوموناس و سرمادوست از محیط کشت نوترینت آگار استفاده و پلیت‌ها به مدت ۷ روز در ۱۰ درجه سانتی‌گراد، برای باکتری‌های انتروباکتریاسه پلیت ائوزین متیلین بلوآگار به مدت ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سانتی‌گراد و برای باکتری *E.coli* از محیط کشت آبگوشت لاکتوز به مدت ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سانتی‌گراد استفاده شد (ICMSF, 1978).

رنگ‌سنجی

رنگ نمونه‌های فیله با دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond CAM-System England 500) و با استفاده از سه متغیر a*، b* و L* مورد آنالیز قرار گرفت. متغیر L* شاخص روشنایی بین صفر (سیاهی) تا ۱۰۰ سفیدی، شاخص b* بین زرد تا آبی و a* بین قرمزی تا سبزی با روش Shekarabi و همکاران (۲۰۲۰) صورت پذیرفت.

آنالیز پروفایل بافت

از دستگاه آنالیز بافت TEX VOL مدل TVT-300XP استفاده شد. قسمت وسط فیله ماهی به ابعاد ۳×۲×۱ سانتی‌متر تهیه و مورد آنالیز قرار گرفت. نمونه‌ها با استفاده از یک پروب سکه‌ای با قطر ۴ سانتی‌متر و نیروی وارده ۰/۰۵ نیوتن (۵ گرم) و با سرعت ۱ میلی‌متر در ثانیه به صورت برگشتی در دو مرحله فشرده شدند. بر اساس منحنی نیرو تغییر شکل حاصل از این آزمون پارامترهای [1]سختی، الاستیسیته[2]، صمغی بودن [3]و بهم‌پیوستگی[4] محاسبه شد (Alparslan and Baygar, 2017).

[1] Hardness
[2] Elasticity
[3] Gumminess
[4] Cohesiveness

ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه فیله ماهیان پخته شده شامل ظاهر، طعم، عطر و بو، بافت و پذیرش کلی به وسیله یک گروه ۱۰ نفری متشکل از زن و مرد آموزش دیده مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی ویژگی‌های حسی از روش هدونیک استفاده شد. نحوه امتیازدهی برای بو (۱ : نامطبوع تا ۱۰: مطبوع)، رنگ ۱: کاملاً رنگ پریده تا ۱۰: بدون تغییر رنگ)، تردی (۱: خمیری تا ۱۰: دارای انسجام بافت تازه)، طعم و مزه (۱: کاملاً نامطبوع تا ۱۰: مطبوع)، ظاهر (۱: کاملاً نامطبوع تا ۱۰: مطبوع)، پذیرش کلی (۱: کاملاً نامطبوع تا ۱۰: مطبوع) بود (Moradi *et al.*, 2014).

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS23 و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد بررسی شد ($P<۰/۰۵$).

نتایج

نتایج جدول ۱ نشان داد که مقدار pH در دامنه ۷/۱۸-۶/۶۸ متغیر بود و آنالیز داده‌ها افزایش معنی‌دار این پارامتر را با افزایش زمان نگهداری ماهی در مخازن عرضه زنده نشان داد. میزان TBA بین تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$) و بالاترین مقدار در ماهی‌های نگهداری شده در مخازن به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد. براساس نتایج جدول ۱، مقادیر TVB-N در طول مدت زمان نگهداری روند افزایشی داشت و در ماهی‌های نگهداری شده در شرایط زنده به مدت ۷۲ ساعت به بالاترین میزان خود رسید. بالاترین میزان اسیدهای چرب فرار (FFA) و پراکسید (PV) به‌ترتیب با مقادیر ۳/۲۵ درصد اولئیک‌اسید و $meqo_2$/ kg lipid ۱۱/۱۳ به تیمار ماهیان نگهداری شده به مدت ۷۲ ساعت و کمترین میزان با مقادیر ۰/۴۲ درصد اولئیک اسید و $meqo_2$/ kg lipid ۲/۱۵ به تیمار ماهیان نگهداری شده در مزرعه تعلق داشت.

جدول ۱: ارزیابی فاکتورهای شیمیایی فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان طی دوره نگهداری در مخازن عرضه زنده

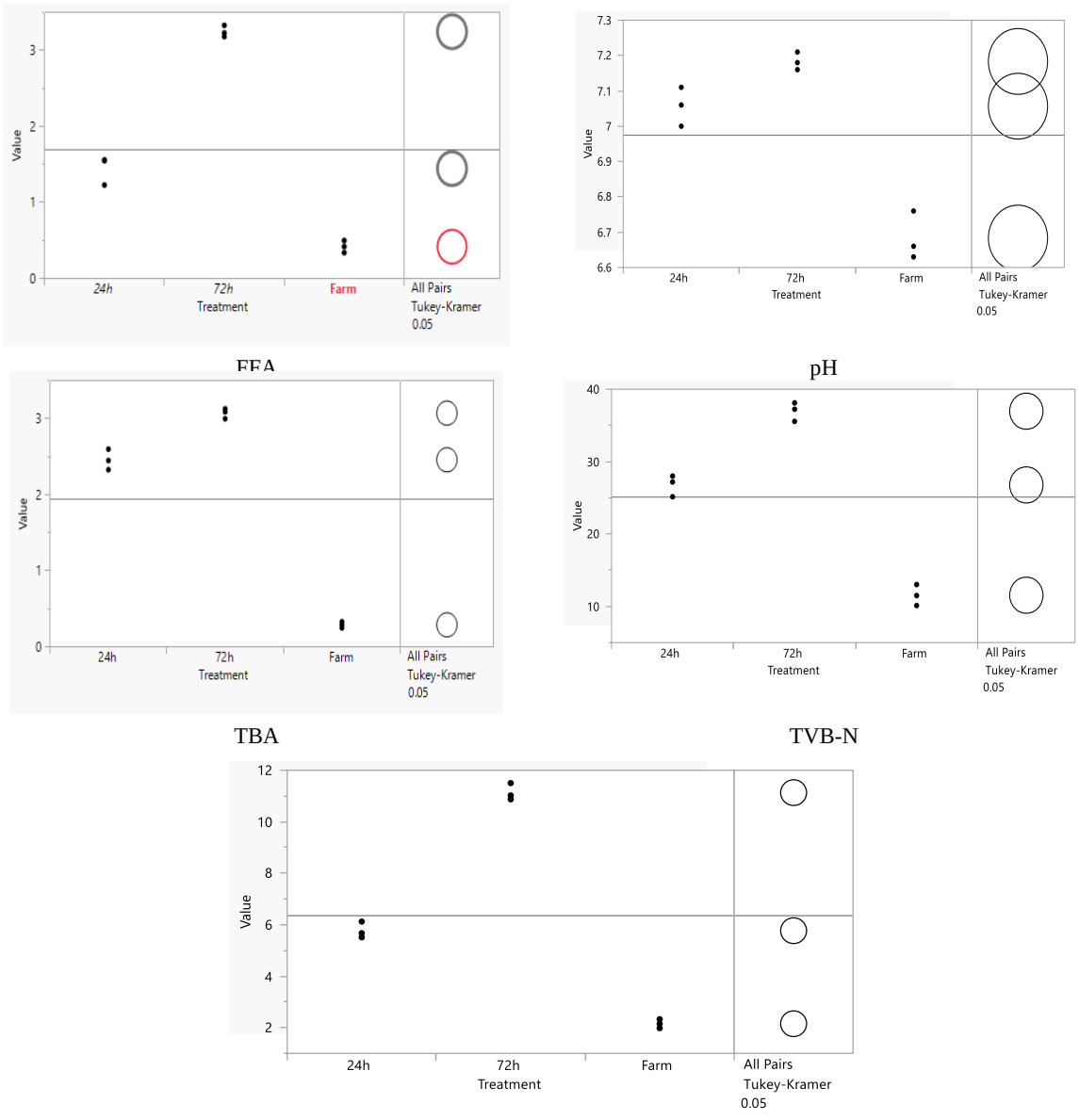
Table 1: Evaluation of chemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet during live-storage in supply tanks

فاکتور		تیمار		
		مزرعه	۲۴ ساعت	۷۲ ساعت
پارامترهای شیمیایی	FFA (% oleic acid)	۰/۴۲ ± ۰/۰۸^c	۱/۴۵ ± ۰/۱۹^b	۳/۲۵ ± ۰/۰۷۶^a
	pH	۶/۶۸ ±۰/۰۶۸^b	۷/۰۶ ±۰/۰۵^a	۷/۱۸ ±۰/۰۲۵^a
	TBA (mg MAD/ kg of sample)	۰/۲۹ ± ۰/۰۴^c	۲/۴۶ ± ۰/۱۳^b	۳/۰۷ ± ۰/۰۶۶^a
	TVB-N (mg N/ 100g)	۱۱/۵۵ ±۱/۴۵^c	۲۶/۷۸ ± ۱/۴۷^a	۳۶/۹۶ ±۱/۳۰^a
	PV($meqo_2$/ kg lipid)	۲/۱۵ ±۰/۱۷^c	۵/۷۶ ± ۰/۳۱^b	۱۱/۱۳ ±۰/۳۲^a

حروف غیر مشابه به معنی‌اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصد در هر ردیف است.

FFA: Free Amino Acid; TBA: Thiobarbituric Acid; TVB-N: Total Volatile Basic Nitrogen
PV: Peroxide Value

مقایسه میانگین پارامترهای شیمیایی فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان در شکل ۱ نشان داده شده است. دایره نشان‌دهنده گروه مورد بررسی شامل ماهیان مزرعه، ماهیان نگهداری شده در مخازن عرضه زنده به مدت ۲۴ و ۷۲ ساعت است که همپوشانی دایره‌ها و فاصله آنها از هم نشان‌دهنده نزدیکی یا تفاوت بین تیمارهاست.



شکل ۱: مقایسه میانگین پارامترهای شیمیایی فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری در مخازن عرضه زنده
FFA: Free Amino Acid; TBA: Thiobarbituric Acid; TVB-N: Total Volatile Basic Nitrogen
PV: Peroxide Value
Figure 1: Comparison of average chemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during live-storage in supply tanks

نتایج بررسی میزان باکتری‌های سرمادوست، سودوموناس، *E.coli* و انتروباکتریاسه نشان داد که بیشترین بار باکتریایی طی نگهداری ماهی به مدت ۷۲ ساعت در مخازن عرضه زنده اندازه‌گیری شد (جدول ۲). در مطالعه حاضر، بار باکتریایی کل از ۲/۶۴ log cfu/ g در مزرعه به ۷/۴۲ log cfu/ g در مخازن عرضه زنده پس از ۷۲ ساعت نگهداری رسید. بیشترین بار باکتریایی در مقایسه با سایر باکتری‌ها به باکتری *Psychrophilic* و سپس Enterobacteriacae تعلق داشت.

جدول ۲: نتایج آنالیز باکتریایی فیله قزل آلای رنگین کمان طی دوره نگهداری در مخازن عرضه زنده

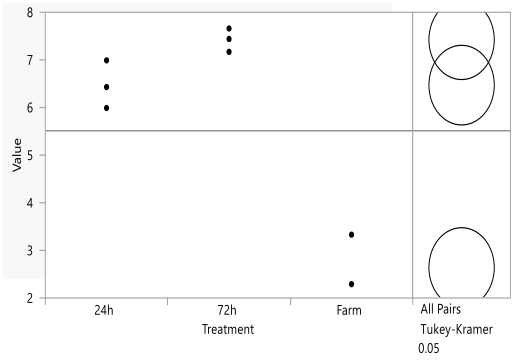
Table 2: Results of bacterial analysis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet during live-storage in supply tanks

فاکتور		تیمار		
		مزرعه	۲۴ ساعت	۷۲ ساعت
باکتریایی (log cfu/ g)	TVC	۲/۶۴ ± ۰/۶^{b}	۶/۴۷ ± ۰/۵^{a}	۷/۴۲ ± ۰/۲۵^{a}
	E.coli	۲/۱۶ ± ۰/۰۵^{c}	۶/۸۹ ± ۰/۳۸^{b}	۷/۱۹ ± ۰/۱۸^{a}
	Pseudomonas spp.	۳/۱۱ ± ۰/۱^{c}	۴/۹۵ ± ۰/۷۲^{b}	۶/۵۹ ± ۰/۴۴^{a}
	Psychrophilic	۲/۶۳ ±۰/۴۲^{c}	۵/۳۳ ±۰/۲۹^{b}	۷/۲۵ ±۰/۶۵^{a}
	Enterobacteriaceae	۳/۱۴ ± ۰/۶۸^{c}	۵/۶۳ ± ۰/۳۴^{b}	۷/۲۴ ± ۰/۷۰^{a}

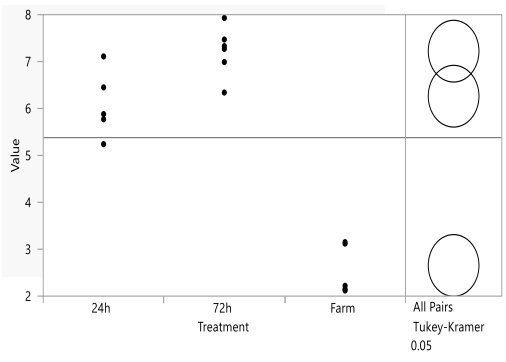
حروف غیر مشابه به معنی‌اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصد در هر ردیف است.

در شکل ۲، هم‌پوشانی بار باکتریایی در دو گروه ماهیان ۲۴ و ۷۲ ساعت نشان‌دهنده وضعیت مشابه این دو گروه از نظر بار باکتریایی کل، *E.coli* و نیز باکتری *Pseudomonas* spp. است.

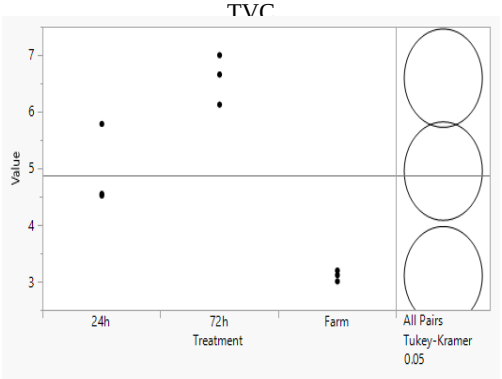
هم‌پوشانی دو گروه نگهداری شده در مخازن ۲۴ و ۷۲ ساعت در فاکتور a* و L* نشان‌دهنده رنگ مشابه در بافت دو گروه ماهی نگهداری شده در مخازن است. اما براساس شکل ۲، فاکتور b* در فیله هر سه گروه ماهی تفاوت معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵).



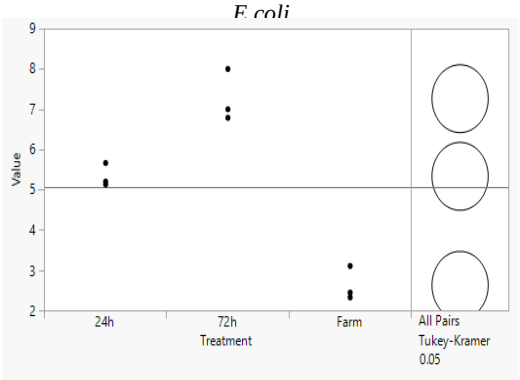
TVC



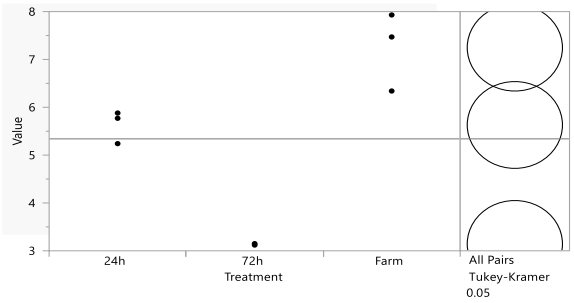
E.coli



Pseudomonas spp.



Psychrophilic



Enterobacteriaceae

شکل ۲: مقایسه میانگین بار باکتریایی فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی دوره نگهداری در مخازن عرضه زنده

Figure 2: Comparison of the average bacterial load of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) during live-storage in supply tanks

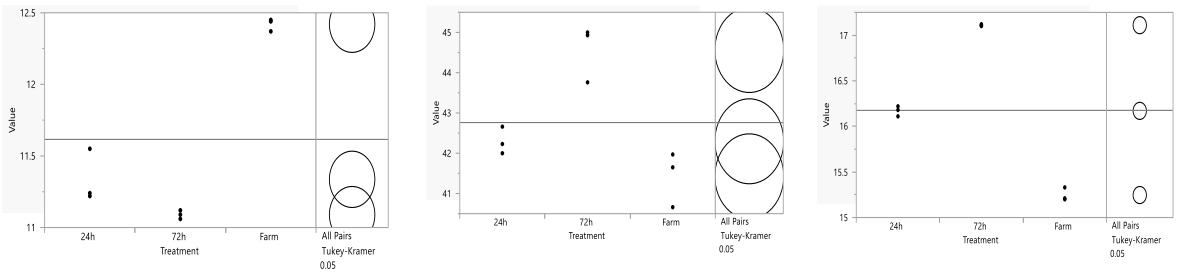
نتایج بررسی مقادیر فاکتورهای رنگ در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان در ماهیان مزرعه، ماهیان موجود در مخازن عرضه زنده در ۲۴ و ۷۲ ساعت در جدول ۳ ارائه شده است. رنگ قرمز فیله ماهی یا a* با افزایش زمان نگهداری روند کاهشی داشت و در ماهی‌های نگهداری شده به مدت ۷۲ ساعت رنگ سبز فیله غالبت‌تر از ماهیان موجود در مزرعه بود. همچنین رنگ آبی (b*) و سفید (L*) در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در مخازن در مقایسه با ماهیان مزرعه که رنگ زرد (b*) و تیره (L*) غالب‌تر بود، امتیاز بالاتری داشتند ($P<۰/۰۵$). روند تغییرات فاکتور رنگ در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: ارزیابی تغییرات فاکتور رنگ فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری در مخازن عرضه زنده

Table 3: Evaluation of color factor changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet during live-storage in supply tanks

فاکتور		تیمار		
		مزرعه	۲۴ ساعت	۷۲ ساعت
رنگ	a*	۱۲/۴۲ ± ۰/۰۴۴^{a}	۱۱/۳۴ ± ۰/۱۹^{b}	۱۱/۰۹ ± ۰/۰۳^{b}
	b*	۱۵/۲۵ ±۰/۰۷۲^{c}	۱۶/۱۷ ±۰/۰۶^{b}	۱۷/۱۱ ±۰/۰۱^{a}
	L*	۴۱/۴۳ ± ۰/۶۸^{b}	۴۲/۳ ± ۰/۳۴^{b}	۴۴/۵۶ ± ۰/۷۰^{a}

حروف غیر مشابه به معنی‌اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصد در هر ردیف است.



a* L* b*

شکل ۳: مقایسه میانگین تغییرات فاکتور رنگ فیله قزل‌آلای رنگین کمان طی دوره نگهداری در مخازن عرضه زنده

Figure 3: Comparison of mean changes in the color factors of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet during live-storage in supply tanks

براساس نتایج جدول ۴، بافت فیله ماهی با افزایش زمان نگهداری در مخازن زنده الاستیسیته، سختی و صمغی بودن بالاتری داشت. همچنین به‌هم‌پیوستگی بافت فیله با افزایش زمان نگهداری در ماهیان نگهداری شده در مخازن عرضه زنده افزایش یافت و از میزان ۰/۴۱ نیوتن به ۰/۵۳ نیوتن رسید (P<۰/۰۵).

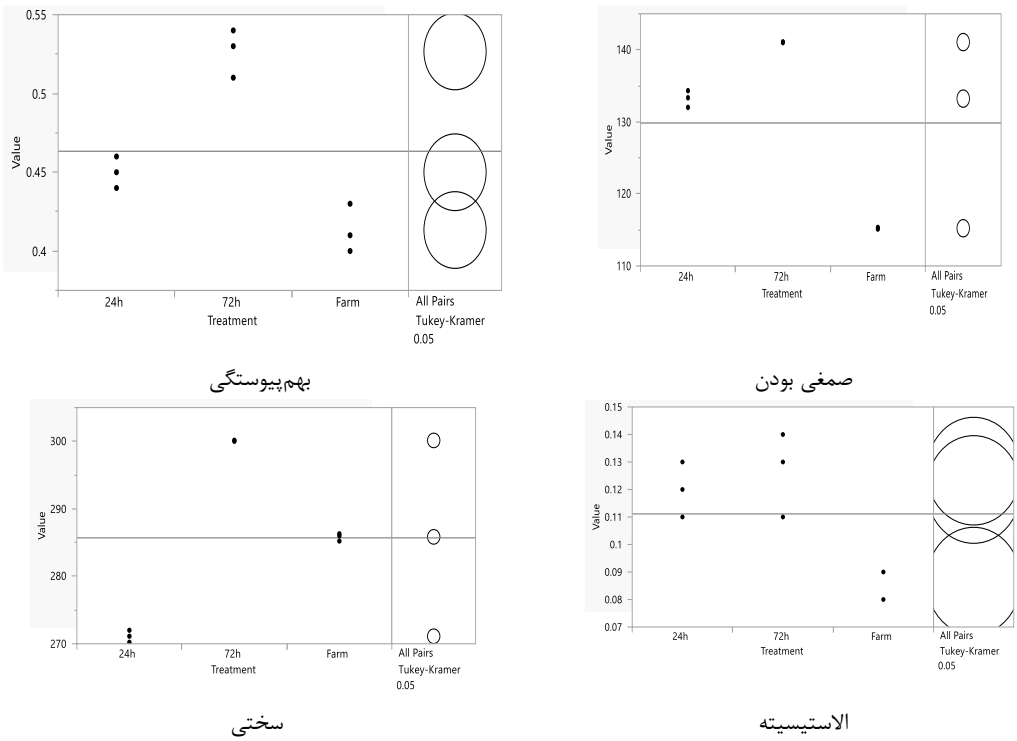
جدول ۴: ارزیابی تغییرات کیفیت بافت فیله قزل‌آلای رنگین کمان طی دوره نگهداری در مخازن عرضه زنده

Table 4: Evaluation of texture quality changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet during live-storage in supply tanks

فاکتور		تیمار		
		مزرعه	۲۴ ساعت	۷۲ ساعت
کیفیت بافت	بهم پیوستگی (N)	۰/۴۱ ± ۰/۰۱۵^{c}	۰/۴۵ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۵۳ ± ۰/۰۱۵^{a}
	صمغی بودن	۱۱۵/۲۳ ±۰/۱۱^{c}	۱۳۳/۲۲ ±۱/۱۷^{b}	۱۴۱/۰۷ ±۰/۰۶^{a}
	سختی (N)	۲۸۵/۸۴ ± ۰/۵۶^{c}	۲۷۱/۱۱ ± ۰/۸۹^{b}	۳۰۰/۱۳ ± ۰/۱۲^{a}
	الاستیسیته	۰/۰۸۷ ± ۰/۰۱^{c}	۰/۱۲ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۱۳ ± ۰/۰۱۵^{a}

حروف غیر مشابه به معنی‌اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ درصد در هر ردیف است.

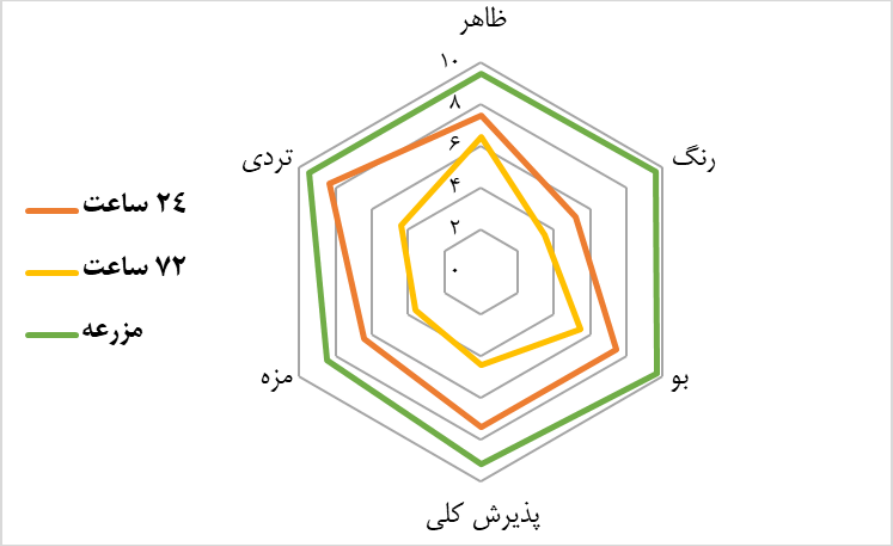
وضعیت فیله ماهی در گروه‌های مورد بررسی نسبت به یکدیگر در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به فاصله دوایر سه گروه، سختی و صمغی بودن فیله بین سه گروه با یکدیگر فاصله داشت، اما در مورد بهم‌پیوستگی و الاستیسیته، هم‌پوشانی بین فیله‌های گروه‌ها قابل مشاهده است.



شکل ۴ : مقایسه میانگین تغییرات کیفیت بافت فیله قزل آلای رنگین کمان طی دوره نگهداری در مخازن عرضه زنده

Figure 4: Comparison of mean texture quality changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet during live-storage in supply tanks

نتایج ارزیابی حسی فیله در شکل ۵ قابل مشاهده است. براساس نتایج بدست آمده، امتیاز حسی فیله ماهی شامل رنگ، بو، مزه، تردی و ظاهر با افزایش نگهداری ماهی در مخازن عرضه زنده، کاهش معنی‌داری نشان داد ($P<0/05$) به‌طوری‌که در ماهیان مزرعه بالاترین امتیاز حسی و در ماهیان مخازن عرضه زنده به مدت ۷۲ ساعت، کمترین امتیاز حسی اندازه‌گیری و ماهیان نگهداری شده در مزرعه بالاترین پذیرش کلی را از سوی ارزیاب‌کنندگان به‌دست آوردند.



شکل ۵: نتایج ارزیابی حسی ماهیان نگهداری شده در مزرعه و مخازن عرضه زنده

Figure 5: Results of sensory evaluation of fish in the farm and live-storage in supply tanks

بحث

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که نگهداری ماهی در مخازن عرضه زنده سبب افزایش میزان باکتری در مقایسه با ماهیان مزرعه شد که با توجه به استاندارد ۷log cfu/ g (Erkan *et al.*, 2006) فیله‌های ماهی تا ۲۴ ساعت نگهداری در مخازن عرضه زنده در محدوده استاندارد بودند، اما در ماهی‌های نگهداری شده در مخازن زنده به مدت ۷۲ ساعت به‌جز در مورد *Pseudomonas* spp. که در محدوده مجاز بود، در مورد سایر باکتری‌ها، فیله خارج از استاندارد بود. با توجه به اینکه باکتری‌ها بخشی از فلور میکروبی روده ماهی هستند (Chytiri *et al.*, 2004)، افزایش آنها در بافت با بالارفتن زمان نگهداری به سبب دفع ماهی و ورود به آب مخازن دور از انتظار نیست درحالی‌که در ماهیان مزرعه، به سبب جاری بودن آب، ماهی مدت کمتری در معرض مواد دفعی قرار دارد. میزان *Pseudomonas* spp. به عنوان باکتری تولیدکننده H_2S و یکی از مؤثرترین باکتری‌های دخیل در فرآیند فساد ماهی (Rehbein, 2002) در محدوده استاندارد بود. دلیل آن می‌تواند عدم تغذیه ماهی باشد. درخصوص پارامترهای مرتبط با رشد باکتری شامل TVB-N و pH (Teskeredzic and Pfeifer, 1987)، روند افزایش مقدار هر یک از این پارامترها با روند افزایش بار باکتریایی فیله هم‌خوانی داشت به‌طوری‌که بالاترین میزان TVB-N و pH در فیله ماهیان نگهداری شده در مخازن عرضه زنده به مدت ۷۲ ساعته اندازه‌گیری شد. مقادیر pH (محدوده استاندارد pH=7؛ Erikson *et al.*, 2021) و TVB-N از حد مجاز (محدوده استاندارد ۳۰-۳۵ mg N/ 100g؛ Connell, 1990) عبور نکردند. افزایش این دو پارامتر را می‌توان به فعالیت آنزیم‌های اتولیتیک و باکتری‌های پروتئولیتیک (Lindberg *et al.*, 1998) و تجزیه ترکیبات نیتروژنی به‌وسیله این باکتری‌ها (Nirmal and Benjakul, 2011) در فیله نسبت داد که سبب شد فیله

ماهیان نگهداری شده در مخازن به مدت ۷۲ ساعت از نظر میزان بازهای ازته فرار خارج از استاندارد باشد. در مطالعه کاظم‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) که به بررسی تاثیر دوره گرسنگی بر ترکیب لاشه قزل‌آلای رنگین‌کمان پرداختند، بهترین نتیجه از نظر استاندارد TVB-N مربوط به تیمار دو هفته گرسنگی در مقایسه با تیمارهای شاهد بود که نشان می‌دهد سرعت رشد باکتری در فیله‌های این تیمار در مقایسه با فیله‌های ماهیان گرسنه پایین‌تر است که علت این موضوع می‌تواند ناشی از تخریب بیشتر پروتئین فیله در نتیجه گرسنگی ماهی باشد که امکان فعالیت سریعتر باکتری‌ها و تبدیل آن به ترکیبات ازت فرار را فراهم (Lehmann and Aubourg, 2008; Mackie, 2009) و توجیه‌کننده میزان بالاتر TVB-N در فیله ماهیان نگهداری شده به مدت ۷۲ ساعت در مقایسه با فیله ماهیان به مدت ۲۴ ساعت در مخازن عرضه زنده باشد.

پراکسید به عنوان شاخص اکسیداسیون لیپیدهاست و جهت اندازه‌گیری هیدروپراکسیدها به عنوان محصولات اولیه اکسیداسیون عمل می‌کند. از آن‌جایی‌که پراکسیدها ترکیبات بدون طعم و بو هستند، ولی سبب به‌وجود آمدن ترکیبات ثانویه مثل آلدئیدها و کتون‌ها می‌شوند که بو و طعم نامطلوب تولید می‌کنند (Khadem *et al*., 2020). در فیله ماهیان مورد بررسی، پارامترهای PV،FFA و TBA که مرتبط با اکسیداسیون هستند، با افزایش زمان نگهداری ماهی، افزایش پیدا کردند به‌طوری‌که در ماهیان نگهداری شده در مخازن به مدت ۲۴ و ۷۲ ساعت میزان TBA (محدوده مجاز ۱-۲ mg MAD/ kg of sample) و میزان PV (۷-۸ $meqo_2$/ kg lipid) از محدوده مجاز عبور کرد. در مطالعه کاظم‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) افزایش فساد چربی و افزایش تولید مالون‌آلدهید در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان را یکی از پیامدهای دوره گرسنگی در ماهی ذکر کردند. در واقع، در نتیجه تخریب سلول‌های چربی جهت تأمین انرژی، سرعت اکسیداسیون و فساد آنزیمی در بافت افزایش می‌یابد و مقادیر بالاتری مواد اولیه جهت فرآیند اکسیداسیون و تولید اسیدهای چرب آزاد در اختیار باکتری قرار می‌گیرد (Ozyurt *et al*., 2007).

کاهش شاخص‌های کیفیت جیره با عدم تغذیه ماهی نیز مرتبط می‌باشد به‌طوری‌که در مطالعه ابراهیمی درچه و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی تاثیر دوره گرسنگی بر ترکیب لاشه، گزارش کردند که در دوره گرسنگی کوتاه‌مدت، پروتئین تخریب شده و صرف تولید انرژی می‌شود، ولی با افزایش دوره گرسنگی چربی (چند هفته) نیز به عنوان منبع ذخیره وارد چرخه تأمین انرژی ماهی می‌شود. بنابراین، در مطالعه حاضر، افزایش فیبر و کربوهیدارت بافت به عنوان ترکیبات جایگزین پروتئین، سبب تغییر بافت و کاهش تردی و رنگ آن می‌شود. همچنین در ماهیان گرسنه، میزان خاکستر (مواد معدنی موجود در بافت) به علت کاهش میزان پروتئین و چربی عضله ماهی افزایش می‌یابد که این موضوع علاوه بر خصوصیات بافت، بر رنگ و بازارپسندی نیز موثر است (Razavi Shirazi, 2008).

از سویی، واکنش اسید چرب آزاد با پروتئین گوشت سبب سفتی بافت و کاهش قابلیت پذیرش آن از سوی مصرف‌کننده می‌شود (Losada *et al*., 2017) که با توجه به بالاتربودن میزان اسیدهای چرب آزاد در ماهیان نگهداری شده به مدت ۷۲ ساعت نگهداری در مخازن، سفتی و کاهش قابلیت پذیرش در این فیله‌ها قابل توجیه است. با افزایش زمان نگهداری رنگ فیله به سمت قرمزی (a*)، آبی (b*) و افزایش سفیدی (L*) متمایل شد که نشان‌دهنده کاهش امتیاز رنگ در اثر افزایش زمان نگهداری است. همچنین کاهش میزان پروتئین و افزایش نسبت پروتئین به چربی در عضله که به دلیل مصرف پروتئین بافت اتفاق می‌افتد، عامل افزایش L* و b* است که با ماهیت زردرنگ بودن چربی منطقی به‌نظر می‌رسد و در تحقیقات Regost و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش شده است. افزایش رنگ قرمز با افزایش زمان زنده‌مانی در مخازن عرضه زنده با توجه به سرعت تخریب و دناتوره شدن بالاتر پروتئین که با تبدیل اکسی میوگلوبین با رنگ قرمز درخشان به مت میوگلوبین همراه است، قابل توجیه است (Rora *et al*., 2003). Fan و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی تأثیر نگهداری فیله در یخ، میزان ATP در ماهیان زنده در شرایط عادی را ۱۰ mmol/kg و بلافاصله بعد از

مرگ را ۳/۰۸ mmol/kg گزارش کرده و عنوان کردند که افزایش سرعت هیدرولیز ATP به ADP (ATPase)، AMP به IMO (AMP دمیناز) و IMP به HxR (۵′-nucleotidase) و تخریب بافت ماهیچه که کاهش کیفیت آن را به‌دنبال دارد، علاوه بر گونه ماهی، به‌شدت به شرایط نگهداری ماهی قبل از مرگ نظیر تغذیه و شرایط نگهداری ماهی وابسته است (Ebadi *et al*., 2019) به‌طوری‌که با کاهش ذخیره ATP در ماهیچه (ناشی از عدم تغذیه) سرعت تخریب ماهیچه و هیدرولیز ATP نیز افزایش می‌یابد که خود توجیه‌کننده مطلوبیت پایین‌تر بافت ماهیچه در ماهیان نگهداری شده به مدت ۷۲ ساعت در مخازن عرضه زنده در مقایسه با سایر گروه‌ها شد. از سویی، تغذیه ماهی به دلیل وجود مواد رنگدانه‌ای، یکی از عوامل موثر بر رنگ فیله است که با توجه به عدم تغذیه، تغییر رنگ شاخص‌ها قابل توجیه است. پارامترهای صمغی بودن، سختی و الاستیسیته بافت با افزایش زمان نگهداری در مخازن عرضه زنده افزایش یافت که با کاهش تردی و مزه بافت و ظاهر فیله با افزایش زمان نگهداری هم‌خوانی دارد. Surowka (۲۰۰۹) در بررسی تغییرات بافت ماهیچه ماهی با استفاده از میکروسکوپ نوری، ایجاد فضا بین الیاف ماهیچه را تحت تاثیر کاهش ATP عامل شل‌شدگی فیله بعد از مرگ و کاهش پیوستگی ذکر کردند که با توجه به عدم تغذیه ماهیان در مخازن عرضه زنده، پیوستگی بافت فیله در مقایسه با ماهیان مزرعه پایین‌تر بود. بدین‌ترتیب، کمترین پذیرش ظاهری در ماهیان نگهداری شده به مدت ۷۲ ساعت در مخازن بود. با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر، به‌نظر می‌رسد مهم‌ترین عامل کاهش کیفیت فیله ماهی در مخازن عرضه زنده، افزایش بار باکتریایی و نیز کاهش کیفیت آب در نتیجه افزایش بازهای نیتروژنی فرار است.

مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر نگهداری ماهی در مخازن عرضه زنده بر کیفیت و ماندگاری فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. بیشترین بار باکتریایی طی نگهداری ماهی به مدت ۷۲ ساعت در مخازن عرضه زنده اندازه‌گیری شد. کمترین کیفیت فیله از نظر شاخص‌های رنگ، کیفیت بافت و ارزیابی حسی به فیله ماهیان نگهداری شده در مخازن زنده به مدت ۷۲ ساعت تعلق داشت که نشان‌دهنده کاهش کیفیت فیله ماهی در اثر نگهداری در مخازن عرضه زنده است.

منابع

ابراهیمی درچه، ع.، زارع شهرکی، م. و برهاتی، م.، ۱۳۹۶. تاثیر دوره گرسنگی و غذادهی مجدد بر عملکرد رشد و پلاسمای خون ماهی قزل آلای رنگین کمان. مجله بوم شناسی آبزیان، :۱۴۶-۱۵۱۷. صفحات ۱۴۶-۱۵۱. http://jae.hormozgan.ac.ir/article-1-363-fa.html

اورعی، ف.، حسینی، ا.، ذریه، ز. و صفری، ر.، ۱۳۹۹. تعیین حداقل بازدارندگی عصاره اتانولی پوست پرتقال و تاثیر آن بر فلور باکتری‌های مولد فساد در فیله فیل ماهی (*Huso huso*) در زمان نگهداری در یخچال. مجله علمی شیلات ایران، ۲۹: صفحات ۲۵-۳۶. DOI: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.5.1

سالنامه آماری شیلات ایران ۱۴۰۰-۱۳۹۹. سازمان شیلات ایران. معاونت برنامه ریزی و مدیریت منابع. ۶۴ صفحه.

کاظم‌زاده، ش.، عبدالهی خامنه، ح.، حسینی، س. و رفیعی، غ.، ۱۳۹۹. اثرات دوره‌های گرسنگی و تغذیه مجدد بر کیفیت لاشه ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در طی مدت نگهداری در یخچال. هشتمین کنفرانس ملی ماهی شناسی ایران.تهران.

Aktar, N., Islam, M.R., Hossain, M.B. and Rahman, M., 2013. Fish species availability and marketing system of fish in different markets of Noakhali district in Bangladesh. *World Applied Sciences Journal*, 22(5): 616-624. Doi: 10.5829/idosi.wasj.2013.22.05.66117

Alparslan, Y. and Baygar, T., 2017. Effect of Chitosan Film Coating Combined with Orange Peel Essential Oil on the Shelf Life of Deepwater Pink Shrimp. *Food Bioprocess Technology*, 10: 842–853. DOI: Doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00668.x

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2000. Official methods of analysis, Arlington, Virginia. 230p.

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. Doi: 10.1016/S0740-0020(03)00059-5.

Connell, JJ., 1990. Methods of assessing and selecting for quality. In: Connell J.J., (ed) Control of fish quality. Fishing News Books, Oxford.pp- 122–150.

Digre, H., Rostern, C., Erikson, U. and Mathiassen, J.R., 2017. The on-board live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) caught by trawl: Fish behaviour, stress and fillet quality. *Fisheries Research*, 189: 42-54. Doi:10.1016/j.fishres.2017.01.004

Ebadi, Z., Khodanazary, A., Hosseini, S. and Zanguee, N., 2019. The shelf life extension of refrigerated *Nemipterus japonicas* fillets by chitosan coating incorporated with propolis extract. *International Journal Biological Macromolecules*, 139(1): 94-102. Doi: org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.204

Eltholth, M., Fornace, K., Grace, D., Rushton, J. and Hasler, B., 2015. Characterisation of production, marketing and consumption patterns of farmed tilapia in the Nile Delta of Eggypt. *Food Policy*, 51: 131-143. Doi: 10.1016/j.foodpol.2015.01.002

Erkan, N. and Ozden, O., 2006. Gutted and un-gutted sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice: influence on fish quality and shelf-life., 2006. International Journal of Food Properties, 9: 331–345.

Erikson, U., Shabani, F., Beli, E., Muji, S. and Rexhepi, A., 2018. The impacts of perimortem stress and gutting on quality index and colour of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during ice storage: a commercial case study. European Food Research and Technology, 244. Doi: 10.1007/s00217-017-2944-9

Erikson, U., Uglem, S. and Greiff, K., 2021. Freeze-chilling of whitefish: effects of capture, on-board processing, freezing, frozen storage, thawing, and subsequent chilled Storage—A Review. *Foods*, 10: 2661. Doi: 10.3390/ foods10112661.

Fan, X., Lin, X., Wu, C., Zhang, N., Cheng, Q., Qi, H., Konno, K. and Dong, X., 2020. Estimating freshness of ice storage rainbow trout using bioelectrical impedance analysis. *Food Science Nutrition*, 00: 1-10. Doi: 10.1002/fsn3.1974.

Gao, W., Liu, Y., Tian, L., Mai, K.S., Liang, G., Yang, H., Huai, M. and Luo, W., 2009. Effect of dietary carbohydrate-tolipid ratios on growth performance, body composition, nutrient utilization and hepatic enzymes activities of herbivorous grass

carp (*Ctenopharyngdon idella*). *Aquaculture Nutrition*, 16: 327-333. Doi: 10.1111/j.1365-2095.2009.00668.x

ICMSF, 1978. Sampling for microbiological analysis (ed.). Microorganisms in foods, Vol. 2, Toronto, Canada. pp 80-91.

ISIRI, 2002. Enumeration of coliforms part 2: Most probable number technique at 30 ºC; ISIRI no 5486-2. 1st Edition. Karaj, Iran, 122 p.

Khadem, P., Motalebi, A.A., Rokni, N. and Razavilar, V., 2020. Effects of *Capparis spinosa* root extract and modified atmosphere packaging on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets by measuring of antioxidant and antimicrobial parameters. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 19: 272-285. Doi: 10.22092/ijfs.2019.119158.

Lehmann I. and Aubourg S.P., 2008. Effect of previous gutting on rancidity development in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) during frozen storage at −20°C.*International Journal of Food Science and Technology*, 43(2): 270-275. Doi: 10.1111/j.1365-2621.2006.01429.x

Lindberg, A. M., Ljungh, A., Ahrné, S., Lödfhahl, S. and Molin, G., 1998. Enterobacteriaceae found in high numbers in fish, minced meat and pasteurized milk or cream and the presence of toxin encoding genes. *Food Microbiology* , 39: 11-17. Doi: 10.1016/s0168-1605(97)00104-9.

Losada, V., Barros-Velazques, J. and Aubiurg, S., 2017. Rancidity development frozen fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. *LWT- Food Science and Technology*, 40(6): 991-999. Doi: 10.1016/j.lwt.2006.05.011

Mackie, I.M., 2009. The effects of freezing on flesh proteins. *Food Reviews International*, 9(4): 575-610. doi.org/10.1080/87559129309540979

Surowka, K., 2009. Microstructure and instrumentally measured textural changes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) gravads during production and storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 1942-1949. Doi:10.1002/jsfa.3678.

Moradi, Y., Mosadegh, M. and Danesh, M., 2014. Evaluation of physicochemical and sensory properties fish burgers made with different ratios of chicken and fish kilka. *Iran Iranian Scientific Fisheries Journal*, 22: 113-125. Doi: 10.1080/10498850.2020.1818155

Nirmal, N.P. and Benjakul, S., 2011. Use of tea extracts for inhibition of polyphenoloxidase and retardation of quality loss of Pacific white shrimp during iced storage. *LWT- Food Science and Technology*, 44: 924–932. Doi:10.1016/j.lwt.2010.12.007

Ozyurt G, Polat A. and Tokur, B., 2007. Chemical and sensory changes in frozen (−18°C) wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) captured at different fishing seasons. *International Journal of Food Science and Technologyl*, 42(7): 887-893. Doi: 10.1111/j.1365-2621.2006.01302.x

Pearson, D., 1997. Laboratory technic in food analysis, Butter Worth. London, UK. pp. 256-270.

Razavi Shirazi, H., 2008. Seafood Processing, Principle of heading and processing. Pars Negar, Iran. 325 p.

Regost, C., Jakobsen, J.V. and Rørå, A.M.B., 2004. Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage. *Food Research International*, 37(3): 259-271. Doi: 10.1016/j.foodres.2003.12.003

Rehbein, H., 2002. Measuring the shelf life of frozen fish. In: safety and quality issues in fish processing. Bremmer, H.A., (ed) Woodhead Publishing Limited and CRC Press LIC. pp. 407-424.

Rorå, A.M.B., Regost, C. and Lampe, J., 2003. Liquid holding capacity, texture and fatty acid profile of smked fillets of Atlantic salmon fed diet containing fish oil or soybean oil. *Food Research International*, 36: 231-239. Doi: 10.1016/S0963-9969(02)00141-2

Saez, M.L., Suarez, M.D., Alarcon, F.J. and Martinez, T.F., 2021. Assessing the Potential of Algae Extracts for Extending the Shelf Life of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets. *Foods*, 10: 910-919. Doi: 10.3390/foods10050910

Shekarabi, S. P. H., Omidi, A. H., Dawood, M. A., Adel, M., Avazeh, A. and Heidari, F., 2020. Effect of black mulberry (*Morus nigra*) powder on growth performance, biochemical parameters, blood carotenoid concentration, and fillet color of rainbow trout. *Annals of Animal Science*, 20(1): 125-136. Doi: 10.2478/aoas-2019-0068

Teskeredzic, Z. and Pfeifer, K., 1987. Determining the degree of freshness of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) cultured in brackish water. *Journal of Food Science*, 52: 1101–1102. Doi: org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb14286.x

Study of quality changes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet during live-storage in supply tanks

Mehri J.[1]; Shamsaie Mehrgan M.[1]*; Roomiani L.[2]; Rajabi Islami H.[1]

* m.shamsaie@srbiau.ac.ir

1-Department of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Abstract

The aim of this study was to compare and evaluate the quality changes of rainbow trout fillets during live-storage in supply tanks. The studied fish included fish kept in a farm and the fish kept alive in supply tanks for 24 h and 72 h. The feeding was stopped 24 h before transportation and during live-storage in supply tanks. The examinations included chemical pH, total volatile nitrogen bases (TVB-N), Free Fatty acids (FFA), peroxide value (PV) and thiobarbituric acid (TBA) and bacterial *Pseudomonas* spp., psychrophilic bacterial counts, *E.coli*, Enterobacteriaceae, Total viable count (TVC), colorimetric tests (a*, L* and b*), tissue profile analysis (cohesiveness, gumminess, hardness, elasticity), and sensory evaluation (color, odor, taste, tenderness, appearance, overall acceptability). The pH value ranged from 6.68 to 7.18, which showed a significant increase with increasing the fish live-storage time in supply tanks ($P<0.05$). The highest levels of TBA, TVB-N, and FFA were measured in fish kept in live supply tanks at 72 h of storage. According to the standards for the amount of bacteria in fish fillets, in the 72h of the storage tanks, only the amount of *Pseudomonas* was within the permissible range, and in these tanks, other bacteria grew beyond the standard range. The red color of fish fillets or a * was decreased with increasing in the storage time. The fish fillet texture had higher elasticity, hardness and gumminess values with increasing in the live-storage time in supply tanks. Also, the cohesiveness of fillet tissue was increased with increasing in the live-storage time and it was increased from 0.41 N to 0.53 N ($P<0.05$). The sensory indices of the fish fillets had a significant decreasing trend with increasing in the live-storage time in supply tanks ($P<0.05$). According to the results, fish live-storage for more than 24 h in supply tanks caused the fillets to deviate from the quality standards in terms of bacterial, chemical and sensory parameters.

Keywords: Live supply tanks, Shelflife, Fillet quality, Rainbow trout

*Corresponding author