



## Effect of replacing different dietary levels of natural carotenoids derived via carrot powder by synthetic astaxanthin on the carcass quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) over storing in cold condition

Ali Beigi Keleshteri<sup>1</sup>, Seyed Vali Hosseini<sup>2</sup>, Mehrdad Farhangi<sup>2\*</sup>, Gholamreza Rafiee<sup>3</sup>

1. PhD graduate, Department of Fisheries Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2. Associate Professor, Department of Fisheries Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3. Professor, Department of Fisheries Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 12-Jun-2024

Accepted: 05-Aug-2024

### Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of different dietary inclusion levels of replacing natural carotenoids derived from carrot powder (0, 25, 50, 75 and 100%) with synthetic astaxanthin on the carcass quality indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). A completely randomized experimental design with 5 treatments and one control treatment, each with 3 replications, was employed in this study. The 306 fish with an average initial body weight of  $50 \pm 0.30$  g were randomly allocated to 18 experimental fiberglass tanks. The breeding period was 60 days. At the end of the culturing period the fishes were stored in cold temperature (4°C) for 16 days. The results showed that adding natural carotenoids through carrot powder to fish feed had a significant effect on the carcass quality indices ( $P < 0.05$ ). The rates of TVB-N, TBA, WHC and pH indices in treatments revealed that replacing 50 and 75% natural carotenoids for synthetic astaxanthin in the diet significantly reduce the rate of fish spoilage over the cold storage period ( $P < 0.05$ ).

**Keywords:** Natural carotenoids, Carrot powder, Carcass quality indices, rainbow trout



# اثر استفاده از سطوح مختلف جایگزینی کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج با آستاگزانتین مصنوعی در جیره غذایی بر کیفیت لاشه در ماهی قزل آرای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی نگهداری در شرایط سرد

علی بیگی کلشتری<sup>۱</sup>، سیدولی حسینی<sup>۲</sup>، مهرداد فرهنگی<sup>۳\*</sup>، غلامرضا رفیعی<sup>۳</sup>

۱. دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. دانشیار، گروه مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳. استاد، گروه مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵

## چکیده

هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر استفاده از سطوح مختلف جایگزینی کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) با آستاگزانتین مصنوعی بر کیفیت لاشه ماهی قزل آرای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در طی دوره نگهداری در شرایط سرد بود. این آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و یک تیمار شاهد و هر یک در ۳ تکرار انجام شد. ۳۰۶ قطعه ماهی قزل آرای رنگین کمان با میانگین وزن اولیه  $50 \pm 0.30$  گرم در ۱۸ حوضچه فایبرگلاس به صورت تصادفی توزیع گردیدند. طول دوره پرورش ۶۰ روز بود. پس از پایان دوره پرورش ماهیان به مدت ۱۶ روز در شرایط سرد (۴ درجه سانتی گراد) نگهداری شدند. نتایج نشان داد که اضافه نمودن کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج به جیره غذایی، اثر معنی داری بر شاخص‌های کیفیت در لاشه ماهیان داشت ( $P < 0.05$ ). مطالعه شاخص‌های WHC، TBA، TVB-N و pH در لاشه نشان داد که استفاده از کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج در جیره غذایی در تیمارهای حاوی ۵۰ و ۷۵ درصد جایگزینی آستاگزانتین مصنوعی با کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج در کیفیت لاشه مؤثر بوده و میزان فساد در آن طی دوره نگهداری در شرایط سرد را به طور معنی داری کاهش می‌دهد ( $P < 0.05$ ).

واژگان کلیدی: کاروتنوئیدهای طبیعی، پودر هویج، شاخص‌های کیفیت لاشه، قزل آرای رنگین کمان

## ۱. مقدمه

ماهی تازه در مقایسه با ماهی منجمد بیشتر است، بر همین اساس با افزودن نگهدارنده‌های طبیعی به لاشه ماهی می‌توان از فساد در آن جلوگیری به عمل آورد. به‌علاوه، در سال‌های اخیر گزارش‌های زیادی درباره استفاده از افزودنی‌های طبیعی در حفظ کیفیت گوشت و افزایش ماندگاری آن منتشر شده که موجب افزایش علاقه به مصرف غذاهای طبیعی و سالم گردیده است (Embucado et al., 2009). پژوهش حاضر با هدف بررسی شاخص‌های کیفی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استفاده از سطوح مختلف جایگزینی کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج با آستاگزانتین مصنوعی در طول دوره نگهداری در یخچال انجام شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

در ابتدا ۳۰۶ قطعه ماهی با وزن  $50 \pm 0.30$  گرم، در شش تیمار و هر تیمار در سه تکرار به‌صورت کاملاً تصادفی در ۱۸ حوضچه آزمایشی در کارگاه بهداشت گروه شیلات دانشگاه تهران توزیع شدند. در طول دوره آزمایش، شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب اندازه‌گیری شد. دمای مخازن به‌طور روزانه در ساعت ۱۰ صبح اندازه‌گیری گردید. میزان اکسیژن، pH و شوری نیز به‌طور روزانه مورد ارزیابی قرار گرفت. حدود نوسان شاخص‌های مذکور در طی دوره پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب طی دوره پژوهش.

شاخص‌ها	انحراف معیار $\pm$ میانگین
اکسیژن محلول ( میلی‌گرم در لیتر)	$8/5 \pm 0/50$
درجه حرارت ( درجه سلسیوس)	$14/5 \pm 0/50$
pH	$7/0 \pm 0/30$
شوری (قسمت در هزار)	کمتر از ۱

تیمارهای مختلف برحسب درصد جایگزینی کاروتنوئیدهای طبیعی با آستاگزانتین مصنوعی (۱۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا) محاسبه و به جیره‌های غذایی اضافه گردید. جیره‌ غذایی مورد استفاده در تیمار شاهد فاقد هر گونه رنگدانه بود. مواد غذایی و ترکیب جیره‌های غذایی مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است. پس از پایان دوره پرورش کلیه ماهی‌ها به‌مدت ۱۶ روز در شرایط سرد (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری و کیفیت لاشه در آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از مهمترین گونه‌های تجاری آزاد ماهیان است که به‌طور گسترده در بسیاری از کشورهای جهان پرورش داده می‌شود. در حال حاضر این ماهی سهم زیادی در تأمین غذای انسان به‌عنده دارد. رشد سریع، کیفیت گوشت مطلوب، وجود اطلاعات کافی در مورد تکثیر و پرورش، قابلیت دسترسی به بچه‌ماهی در تمام فصول، سهولت تأمین خوراک و غیره از جمله مزایای پرورش این ماهی محسوب می‌شوند. پرورش ماهیان آب شیرین در ایران، در اواخر دهه ۱۹۶۰ با واردات تخم این ماهی از اروپا آغاز شد. امروزه، ماهی مذکور به‌دلیل بازارپسندی زیاد و گوشت لذیذ، مهمترین ماهی پرورشی آب شیرین در ایران محسوب می‌شود (Talebi et al., 2012).

با توجه به افزایش میزان تقاضا برای محصولات شیلاتی، جهت جلوگیری از فساد و کاهش کیفیت آن‌ها باید مراحل عمل‌آوری و نگهداری محصولات پس از صید به‌صورت مناسبی انجام شود (Berkel et al., 2004). ترکیبات فرآر حاصل از اکسیداسیون و واکنش هیدرولیتیک چربی‌ها (هیدروپراکسیدها، آلدئیدها، کتون‌ها، اسیدهای چرب و غیره)، بو، طعم، رنگ، بافت، ارزش غذایی و به‌طور کلی کیفیت ماهی را دستخوش تغییر کرده و موجب عدم مطلوبیت آن برای مصرف‌کنندگان می‌شوند (Higdon et al., 2003). از آنجا که میزان تقاضا برای مصرف

ماهی‌ها در طی دوره سازگاری و پیش از آغاز تغذیه با جیره‌های غذایی آزمایشی، به‌مدت ده روز با یک جیره غذایی تجاری و در ادامه با ۶ جیره غذایی آزمایشی در یک دوره ۶۰ روزه، ۳ بار در روز و ۷ روز در هفته تغذیه شدند. میزان غذای روزانه برای هر تیمار بر مبنای جدول غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان محاسبه و در اختیار ماهی‌ها قرار می‌گرفت. در این تحقیق پودر هویج تهیه شده از منطقه دزفول مورد استفاده واقع شد. آستاگزانتین مصنوعی (تترا ۰۱) از طریق شرکت خوراک دام و آبزیان مازندران تهیه گردید. میزان پودر هویج در

جدول ۲- مواد غذایی و ترکیب جیره‌های غذایی مورد استفاده در این پژوهش (درصد).

تیمار حاوی آستاگزانتین مصنوعی (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)	تیمارهای حاوی درصدهای مختلف جایگزینی کاروتنوئیدهای طبیعی با آستاگزانتین مصنوعی				تیمار شاهد	اقلام غذایی
	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰		
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	پودر ماهی
۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	کنجاله سویا
۱۷	۱۴/۶	۱۲/۳	۹/۹	۷/۵	۱۷	آرد گندم
۶	۶	۶	۶	۶	۶	روغن سویا
۳	۳	۳	۳	۳	۳	روغن ماهی
۴	۴	۴	۴	۴	۴	گلوتن ذرت
۵	۵	۵	۵	۵	۵	گلوتن گندم
۹	۹	۹	۹	۹	۹	پودر گوشت
۱	۱	۱	۱	۱	۱	همبند
۰	۲/۴	۴/۷	۷/۱	۹/۵	۰	پودر هویج
۲	۲	۲	۲	۲	۲	مکمل ویتامینه
۲	۲	۲	۲	۲	۲	مکمل معدنی

صاف شدند. ۳ میلی‌لیتر از محلول صاف شده و ۳ میلی‌لیتر از محلول ۰/۰۲ درصد معرف اسید تیوباربیتوریک به لوله‌های آزمایش در بردار منتقل و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آبی ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از سرد شدن لوله‌ها در دمای محیط، مقدار جذب توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (Unico, USA) UV-2100 در طول موج ۵۳۰ نانومتر (As) در مقابل نمونه شاهد (آب مقطر (Ab) قرائت و میزان TBA براساس رابطه زیر تعیین شد (Chatzikiyriakidou and Katsanidis, 2012).

$$= [As - Ab] \times 5 = \text{اسید تیوباربیتوریک}$$

### ۳.۲. اندازه‌گیری مجموع بازهای از ته فرار (TVB-N)

۲ گرم نمونه (۳ نمونه از هر تیمار) با ۸ میلی‌لیتر محلول TCA ۴ درصد مخلوط و به خوبی هموزن گردید. سپس محلول هموزن حاصل به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتریفیوژ شد. در ادامه، ۲ میلی‌لیتر از محلول فوقانی جدا

### ۱.۲. اندازه‌گیری درصد ظرفیت نگهداری آب

(WHC)<sup>۱</sup>

ابتدا یک قطعه ۲ گرمی از نمونه‌ها (۳ نمونه از هر تیمار) جدا و بین دو کاغذ صافی قرار گرفته و وزن نمونه به اضافه وزن کاغذ تعیین شد. سپس نمونه به مدت ۵ دقیقه توسط وزنه دوکیلویی تحت فشار قرار گرفته و سپس کاغذ صافی بدون نمونه پس از فشار توزین شد. با توجه به میزان آب خارج شده از بافت نمونه تحت فشار، آب قابل تراوش (EW) و ظرفیت نگهداری آب (WHC) برحسب درصد تعیین گردید (Pastoriza et al., 1998).

### ۲.۲. اندازه‌گیری اسید تیوباربیتوریک (TBA)<sup>۲</sup>

ابتدا ۲ گرم نمونه (۳ نمونه از هر تیمار) با ۸ میلی‌لیتر اسید پرکلریدریک ۴ درصد هموزن گردید. سپس نمونه‌ها هموزن شده و ۳۰ دقیقه در شیکر با دور ۱۲۰ به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. در ادامه نمونه‌ها با استفاده از سانتریفیوژ

<sup>۱</sup> Water-holding capacity

<sup>۲</sup> Thiobarbituric acid

شده با نسبت ۹:۱ (یک قسمت گوشت چرخ شده ماهی و نه قسمت آب مقطر)، با قرار دادن الکتروود دستگاه pH متر در بافت هموزن شده ماهی در آب مقطر اندازه گیری شد.

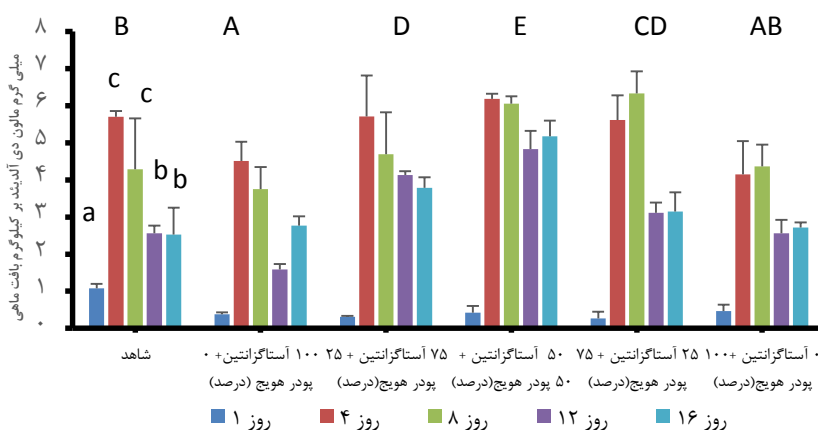
### ۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS 15 صورت گرفت. برای مقایسه میانگین داده ها از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح خطای ۵ درصد استفاده شد. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

## ۳. نتایج

### ۱.۳. اسید تیوباریتوریک (TBA)

در این مطالعه میزان اسید تیوباریتوریک در ماهیان نگهداری شده در شرایط سرد، به طور معنی داری تغییر کرد ( $P < 0.05$ ). بیشترین و کمترین میزان این شاخص به ترتیب مربوط به تیمار حاوی ۷۵ درصد جایگزینی آستاگزانتین آستاگزانتین مصنوعی با کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج در روز هشتم ( $6/34 \pm 0/59$ ) و در روز اول ( $0/27 \pm 0/18$ ) بود (شکل ۱).



شکل ۱- نمودار شاخص اسید تیوباریتوریک در تیمارها و روزهای نگهداری در شرایط سرد. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد می باشد.

مربوط به تیمار شاهد در روز ۱۶ ( $61/60 \pm 4/57$ ) و تیمار حاوی ۵۰ درصد جایگزینی آستاگزانتین مصنوعی با کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج در روز اول ( $18/67 \pm 2/64$ ) بود

و به همراه ۲ میلی لیتر محلول کربنات پتاسیم فوق اشباع در لایه خارجی ظرف مخصوص تست TVB-N و ۲ میلی لیتر معرف اسیدبوریک ۱ در صد به همراه چند قطره معرف (معرف متیل رد و بروموکروزول) در لایه داخلی آن ریخته شد و پس از بستن درب، ظرف حاوی نمونه به مدت ۳ ساعت بر روی دستگاه شیکر (در دمای محیط) قرار گرفت. سپس محلول موجود در لایه داخلی ظرف با استفاده از اسیدکلریدریک ۰/۱/۰ نرمال تیترا گردید. عمل تیتراسیون تا زمان تغییر رنگ محلول مذکور از سبز به صورتی ادامه یافت. سپس مقدار بازهای از ته فرار نمونه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Rawdkuen et al., 2010):

$$TVB-N (mgN/ 100 g sample) = \frac{14 (N)(A-B)(V)(100)}{M}$$

در فرمول فوق، N: نرمالیت اسیدکلریدریک مصرفی جهت تیتراسیون نمونه ها، A و B به ترتیب حجم (میلی لیتر) اسید مصرفی جهت تیتراسیون نمونه ها و حجم (میلی لیتر) اسید مصرفی جهت تیتراسیون نمونه شاهد، V: حجم (میلی لیتر) فاز مایع نمونه پس از سانتریفیوژ و M: وزن اولیه نمونه بر حسب گرم می باشد.

### ۴.۲. تعیین pH

پنج گرم نمونه (۳ نمونه از هر تیمار) گوشت ماهی چرخ

### ۲.۳. مجموع بازهای از ته فرار (TVB-N)

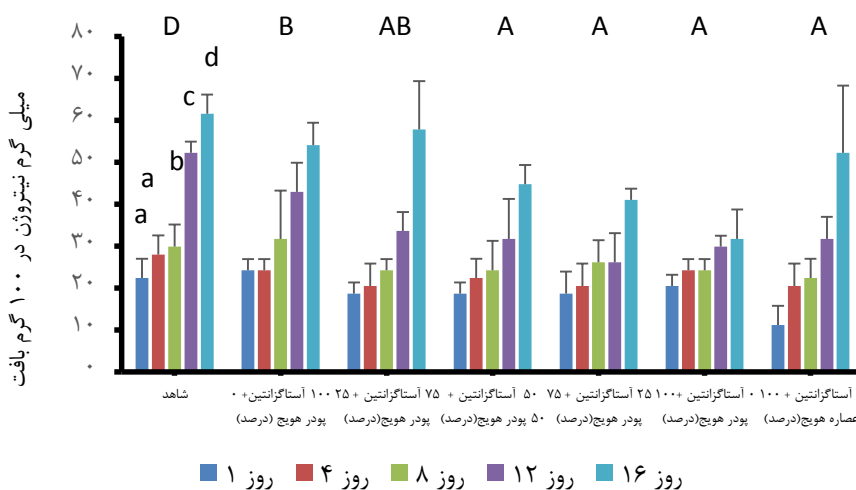
بیشترین و کمترین میزان مجموع بازهای از ته فرار به ترتیب

میزان ظرفیت نگهداری آب به ترتیب مربوط به تیمار شاهد در روز اول (۴۴/۵۳±۵/۴۲) و تیمار حاوی ۲۵ درصد جایگزینی آستاگزانتین مصنوعی با کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج در روز ۱۶ (۱۵/۹۳±۳/۸۲) بود. به طور کلی رطوبت تحت فشار در ماهیان متفاوت بود. نتایج در روز اول و روز شانزدهم مؤید آن است که ظرفیت نگهداری آب در تیمارهای حاوی پودر هویج در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر بود.

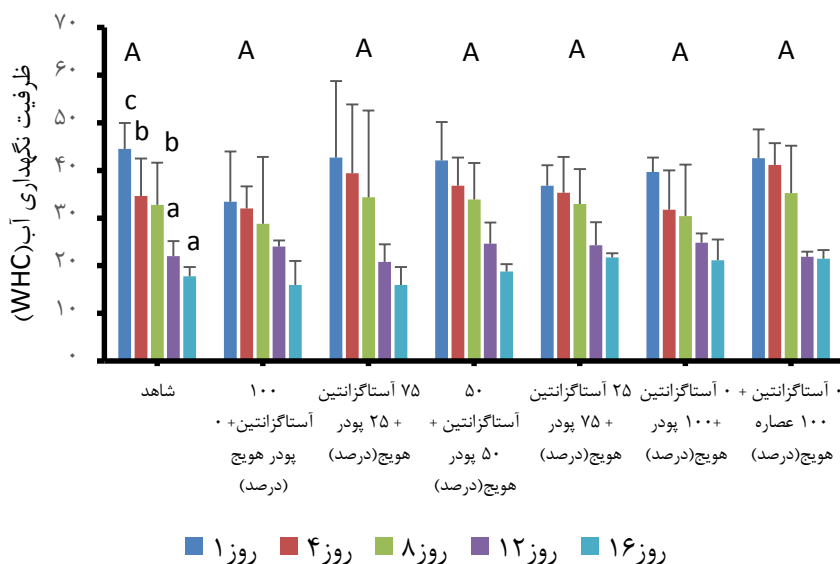
(شکل ۲). مجموع بازهای ازته فرار در ماهیان با افزایش طول دوره نگهداری افزایش یافت.

### ۳.۳. ظرفیت نگهداری آب (WHC)

نتایج مربوط به ظرفیت نگهداری آب در بافت ماهیان در تیمارهای آزمایشی در روزهای مختلف نگهداری در شرایط سرد در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین



شکل ۲- نمودار میزان بازهای ازته فرار در تیمارها و روزهای نگهداری در شرایط سرد. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد می باشد.

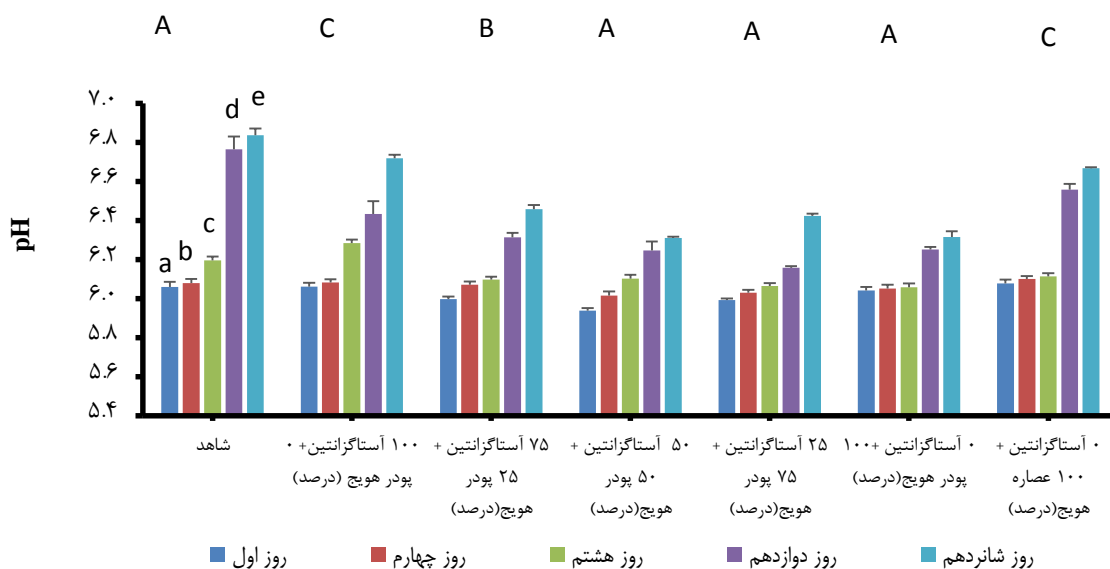


شکل ۳- نمودار ظرفیت نگهداری آب در تیمارها و روزهای نگهداری در شرایط سرد. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد می باشد.

و تیمار حاوی ۵۰ درصد جایگزینی آستاگزانتین مصنوعی با کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج در روز اول (۵/۹۴±۰/۰۱) مشاهده شد (شکل ۴). نتایج حاکی از آن است که تغییرات pH طی ۱۶ روز نگهداری در یخچال کند بوده و این تغییرات در کلیه تیمارها دارای نوسان بود.

### ۴.۳. شاخص pH

میزان pH در ماهیان در تیمارهای مختلف متفاوت بود ( $P < 0.05$ ). در این مطالعه بیشترین و کمترین میزان pH در ماهیان به ترتیب در تیمار شاهد در روز شانزدهم (۶/۸۴±۰/۰۳)



شکل ۴- نمودار تغییرات pH در تیمارها و روزهای مختلف نگهداری در شرایط سرد. حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد می باشد.

زمان مشخص را به واکنش مالوندی آلدئید با اسیدهای آمینه ماهی، تشکیل ترکیبات اضافی کربونیل و یا واکنش مالوندی-آلدئید با میوزین نسبت داده اند (Namulema et al., 1999). محصولات ثانویه اکسیداسیون چربیها (آلدئیدها و کتونهای تولید شده) ممکن است موجب ایجاد بوی ترشیدگی در ماهی گردند. به علاوه، این ترکیبات می توانند با پروتئینها واکنش نشان داده و یا در قهوه ای شدن غیرآنزیمی سهم داشته باشند. Sinhuber و Yu (۱۹۵۸) نشان دادند که مقادیر TBA کمتر از ۳ بیانگر شرایط قابل قبول برای غذاهای دریایی نگهداری شده به صورت منجمد می باشد. براساس این معیار، ماهیان قزل آلائی رنگین کمان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی آستاگزانتین مصنوعی به طور میانگین زودتر به مرز غیرقابل استفاده برای مصارف انسانی رسیدند (شکل ۱).

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان می دهد که حضور کاروتنوئیدها (پودر هویج و آستاگزانتین مصنوعی) در جیره غذایی ماهی قزل آلائی رنگین کمان منجر به کاهش معنی دار

## ۴. بحث و نتیجه گیری

### ۱.۴. اسید تیوباریتوریک (TBA)

بررسی روند تغییرات در شاخص اسید تیوباریتوریک در شکل ۱ نشان می دهد که مقدار آن در کلیه تیمارها و روزهای نگهداری متفاوت بوده و با یکدیگر اختلاف معنی داری داشتند ( $P < 0.05$ ). چنین الگویی در نتایج سایر محققین از نگهداری ماهیانی نظیر کپور معمولی *Cyprinus carpio*، کیلکای آنچوی *Clupeonella engrauliform* (Rezaei et al., 2003) و هیبرید تیلاپیا *Oreochromis sp.* (Ng and Bahurmiz, 2009) در سردخانه گزارش شده است. محققان این تغییرات را به واکنش احتمالی مالوندی آلدئید با انواع ترکیبات یا اجزاء موجود در عضلات نسبت داده اند (Aubourg, 1993; Namulema et al., 1999). در این حالت علی رغم افزایش فساد ماهی، میزان TBA دچار کاهش و یا افزایش یافته است. برخی از محققین نیز دلیل کاهش TBA پس از یک مدت

استاندارد بالاتر رفت که نشان می‌دهد جایگزینی کاروتنوئیدهای طبیعی ناشی از پودر هویج با آستاگزانتین سنتتیک در کاهش مجموع ترکیبات ازته فرار مؤثر بوده است.

### ۳.۴. ظرفیت نگهداری آب (WHC)

از آنجا که تخریب پروتئین<sup>۱</sup> در زمان نگهداری ماهی موجب از دست رفتن توانایی نگهداری آب عضله در آن‌ها می‌شود، به همین جهت اندازه‌گیری آن به‌عنوان یکی از روش‌های مناسب جهت بررسی کیفیت ماهی در دوره نگهداری توسط محققان مختلف مورد توجه قرار گرفته است (Regost *et al.*, 2004; Mørkøre *et al.*, 2007; Ng and Bahurmiz, 2009).

گزارش‌های منتشر شده درخصوص تأثیر نوع کاروتنوئید جیره غذایی بر ظرفیت نگهداری آب عضله محدود و اغلب متناقض هستند. Regost و همکاران (۲۰۰۴) وجود تفاوت معنی‌داری را در مقادیر WHC اندازه‌گیری شده در آزاد ماهی اقیانوس اطلس *Salmo salar* به‌واسطه جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی گزارش نمودند. اما Mørkøre و همکاران (۲۰۰۷) و همچنین Ng و Bahurmiz (۲۰۰۹) نشان دادند که ظرفیت نگهداری آب به‌ترتیب در عضله ماهی کاد اقیانوس اطلس *Gadus morhua* و ماهی هیبرید تیلایپا *Oreochromis sp.* متأثر از نوع روغن مورد استفاده در جیره نبوده که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد.

تغییر رطوبت در این آزمایش تأثیر چندانی بر اکسیداسیون چربی و پروتئین‌ها و کاهش کیفیت ماهی نداشت. نتایج مطالعه حاضر با نتایج حاصل در خصوص کاهش رطوبت سوسیس‌های تهیه شده از ماهی کپور همخوانی دارد (Arsalan *et al.*, 2001). نتایج حاکی از آن است که با افزایش مدت زمان نگهداری فیله‌ها، قدرت نگهداری آب و رطوبت تحت فشار آن‌ها کاهش یافته است. این نتایج با مطالعه بر روی عضله چندین گونه ماهی از جمله ماهی سالمون آتلانتیک (Rezaei *et al.*, 2003) و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در رابطه با کاهش میزان رطوبت تحت فشار (Mishara and Srikar, 1989) مطابقت دارد.

### ۴.۴. pH

در این تحقیق با گذشت زمان مقدار pH افزایش یافت. تجزیه ترکیبات ازته طی نگهداری ماهی به افزایش pH گوشت

اکسیداسیون چربی‌ها در عضله ماهی در انتهای دوره پرورش می‌گردد. اما میزان آن تحت تأثیر میزان درصد کاروتنوئیدهای مورد استفاده در جیره مربوطه بوده است.

### ۲.۴. بازهای ازته فرار (TVB-N)

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است با افزایش مدت زمان نگهداری، میزان بازهای ازته فرار در ماهیان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌علاوه، در کلیه تیمارهایی که از پودر هویج در جیره غذایی ماهیان به‌جای آستاگزانتین سنتتیک استفاده کردند تا روز ۱۲ نگهداری در شرایط سرد میزان مجموع بازهای ازته فرار به ۳۵ که حد بحرانی است نرسید، ولی تیمارهای شاهد و ۱۰۰ درصد آستاگزانتین مصنوعی تا روز ۸ به عدد ۳۵ نزدیک شدند. بر همین اساس می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً کاروتنوئیدهای موجود در پودر هویج در میزان نگهداری ماهیان در شرایط سرد مؤثر بوده‌اند.

میزان ۳۵ میلی‌گرم نیتروژن به‌ازای ۱۰۰ گرم نمونه گوشت به‌عنوان حداکثر میزان قابل قبول بازهای ازته فرار در لاشه ماهی خام پیشنهاد شده است (Nirmal and Benjakul, 2010). در تحقیقات دیگر میزان ۳۵-۳۰ میلی‌گرم نیتروژن به‌ازای ۱۰۰ گرم نمونه لاشه ماهی خام به‌عنوان حداکثر میزان قابل قبول بازهای ازته فرار در گوشت ماهی ارای‌ئه شده است (Connell, 1990). مطالعات دیگر در ماهی باس دریایی در دو دوره ۲۱ و ۲۸ روزه نشان داد که در دوره اول میزان بازهای ازته فرار در طول زمان، مشابه بوده و افزایش ناگهانی نداشت. اما در دوره دوم یک افزایش تدریجی از ترکیبات ازته فرار از روز ۲۱ تا ۲۸ مشاهده شد (Castro *et al.*, 2006) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

از آنجا که مجموع بازهای ازته فرار به‌طور عمده در اثر تجزیه باکتریایی گوشت ماهی ایجاد می‌شود، افزایش بار باکتریایی طی این دوره را نیز می‌توان دلیلی برای این مورد دانست (Ojagh *et al.*, 2010). نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص مجموع بازهای ازته فرار در کلیه تیمارهای آزمایشی تا روز ۱۲ کمتر از حد استاندارد تعیین شده ۳۵-۳۰ (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گوشت) بود (Ababouch *et al.*, 1996)، در صورتی که در تیمار شاهد و تیمار حاوی ۱۰۰ درصد آستاگزانتین مصنوعی به‌ترتیب در روز ۱۲ نگهداری از حد

<sup>۱</sup>Protein denaturation



این تحقیق افزایش پیدا نکرد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که pH تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در شرایط سرد اختلاف معنی داری داشت. در بین تیمارهای مختلف در هر زمان نیز که اختلاف معنی داری مشاهده شد این اختلافات روند افزایشی منظمی را نشان داد که با مطالعات Chytiri و همکاران (۲۰۰۴) در pH ماهی قزل آلاهی رنگین کمان در طول نگهداری در یخ مطابقت نداشت. همچنین Hasegawa (۱۹۸۷) نشان داد pH فیله ماهی Meagre در طول نگهداری در یخ در طول زمان روند منظمی نداشت که با نتایج این تحقیق همخوانی ندارد.

### ۵. نتیجه گیری نهایی

نتایج این تحقیق می تواند زمینه استفاده مؤثرتر از رنگدانه های طبیعی در صنعت آبی پروری در کشور را گسترش داده و ضمن بهبود شاخص های کیفی ماهیان، از عوارض جانبی احتمالی ناشی از استفاده از رنگدانه های مصنوعی بکاهد.

### ۶. سپاسگزاری

بدینوسیله از مسئولین محترم آزمایشگاه های گروه مهندسی شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران و آقایان دکتر پورباقر، دکتر میرواقفی و مهندس عاشوری تشکر و قدردانی می گردد.

منجر می شود که بخشی از این افزایش ممکن است با تولید ترکیبات قلیایی مرتبط باشد. چنین افزایشی در pH نشان دهنده رشد باکتری ها، کاهش کیفیت و در نهایت فساد ماهی است (Gram and Huss, 1996).

نتایج مشابهی توسط Lokuruka و همکاران در سال (۲۰۱۲) ارائه شده است. pH پس از مرگ براساس فصل، گونه و فاکتورهای دیگر از ۶ تا ۷ تغییر می کند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در تمام نمونه های ماهی مقدار این شاخص در طول دوره افزایش پیدا کرد. افزایش pH با گذشت زمان نگهداری را می توان به فعالیت آنزیم های اتولیتیک و باکتری های پروتئولیتیک فاسدکننده ماهی نسبت داد. در بررسی حاضر با افزایش میزان بازهای ازته فرار در طول دوره انتظار چنین روندی برای pH قابل پیش بینی بود. نتایج مشابهی توسط Erkan و Ozden در سال (۲۰۰۸) گزارش شده است. در تیمارهای حاوی پودر هویج این میزان در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار ۱۰۰ درصد آستاگزانتین مصنوعی کمتر بود که نشان می دهد وجود پودر هویج در جیرش غذایی باعث می شود روند فساد در ماهی کاهش یابد.

پس از مرگ ماهی بر اثر تولید اسیدلاکتیک حاصل از گلیکولیز مقدار pH کاهش می یابد (Watabe et al., 1991)، بعد از فرآیند گلیکولیز تغییرات اتولیتیکی نظیر دناتورده شدن پروتئین ها شرایط مناسب برای رشد و تکثیر میکروب ها که می تواند منجر به افزایش pH شود را فراهم می کند (Olsson et al., 2003). در این مطالعه از ماهیان نگهداری شده در یخچال جهت انجام آزمایش استفاده گردید. احتمالاً به دلیل کاهش بار آلودگی میکروبی این ماهیان، pH نمونه ها در

### ۷. منابع

### References

- Ababouch, L.H., Souibri, L., Rhaliby, K., Ouahdi, O., Battal, M., Busta, F.F., 1996. Quality changes in sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice and at ambient temperature. *Food Microbiology* 13(2), 123-132. DOI: 10.1006/fmic.1996.0016
- Arsalan, A., Dincoglu, A., Gonulalan, Z., 2001. Fermented *Cyprinus carpio* Sausage. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 25(5), 667-673.
- Aubourg, S.P., 1993. Review: interaction of malondialdehyde with biological molecules – new trends about reactivity and significance. *International Journal of Food Science and Technology* 2(4), 323-335. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb01278.x
- Berkel, B.M., Boogaard, B.V., Heijnen C., 2004. Preservation of Fish and Meat. Guijt J., Kat- Reynen C., translators. GoffauMarkusse M, editor. Wageningen: Agromisa Foundatio: p. 16.

- Castro, P., Padron, J.C.P., Cansion, M.J.C., Velazquez, E.S., De Larriva, R.M., 2006. Total volatile base nitrogen and its use to assess freshness in European sea bass stored in ice. *Food Control* 17(4), 245-248. DOI: 10.1016/j.foodcont.2004.10.015
- Chatzikyriakidou, K., Katsanidis, E., 2012. Effect of liquid smoke dipping and packaging method on the keeping quality of raw and cooked chub Mackerel (*Scomber japonicus*) fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 21(5), 445-454. DOI: 10.1080/10498850.2011.608918
- Chytiri S., Chouliara, I., Savvaidis, I.N., Kontominas, M.G., 2004. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquaculture rainbow trout. *Food Microbiology* 21(2), 157-165. DOI: 10.1016/S0740-0020(03)00059-5
- Connell, J.J., 1990. Methods of assessing and selecting for quality. In: Connell J.J (ed) *Control of Fish Quality*. Fishing News Books, Oxford, pp. 122-150.
- Erkan, N., Özden, Ö., 2008. Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *International Journal of Food Science and Technology* 43(9), 1549-1559. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01579.x
- Embuscado M.E., Huber, K.C., 2009. Edible films and coatings for meat and poultry. In: Embuscado, M.E., Huber, K.C. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. Berlin: Springer Science & Business Media. pp. 245-268.
- Gram, L., Huss, H.H., 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology* 33(1), 121-137. DOI: 10.1016/0168-1605(96)01134-8
- Hasegawa, H. 1987. *Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products*. Marine Fisheries Research Department Center, Singapore.
- Higdon J.V, Frei, B., 2003. Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism and antioxidant functions. *Crit Rev Food Sci Nutr* 43(1), 89-143. DOI: 10.1080/10408690390826464
- Lokuruka, M.N.I., Muyela, B., Okeyo, G.O., Shitandi, A., Otieno, M., 2012. Effect of gutting on sensory, some biochemical and microbiological properties of Nile perch (*Lates niloticus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored in ice. *Continental Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 6, 1-13.
- Mishara, R., Srikar, L.N., 1989. Shelf life of frozen stored clam (*Meretrix casta*) meat. *Journal of Food Science and Technology* 26(4), 201-204.
- Mørkøre, T., Netteberg, C., Johnsson, L., Pickova, J., 2007. Impact of dietary oil source on product quality of farmed Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 267(1-4), 236-247. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2007.01.033
- 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* 32, 151-156. DOI: 10.1016/S0963-9969(99)00066-6
- Ng, W.K., Bahurmiz, O.M., 2009. The impact of dietary oil source and frozen storage on the physical, chemical and sensorial quality of fillets from market-size red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp. *Food Chemistry* 113(4), 1041-1048. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.08.060
- Nirmal, N. P., Benjakul, S. 2010. Effect of catechin and ferulic acid on melanosis and quality of Pacific white shrimp subjected to prior freeze-thawing during refrigerated storage. *Food Control* 21(9), 126-1271. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.02.015
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H., Hosseini, S.M.H., 2010. Effect of chitosan coating enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry* 120(1), 193-198. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.10.006
- Olsson, G.B., Ofstad, R., Lodemelc, J.B., Olsen, R.L., 2003. Change in water holding capacity of halibut muscle during cold storage. *Journal of Lebensm wiss. u-Technol* 36(8), 771-778. DOI: 10.1016/S0023-6438(03)00098-7

- Pastoriza, L., Sampedro, G., Herrera, J.J., Cabo, M.L., 1998. Influence of sodium chloride and modified atmosphere packaging on microbiological, chemical and sensorial properties in ice storage of slices of hake (*Merluccius merluccius*). *Food Chemistry* 61(1-2), 23-28. DOI: 10.1016/S0308-8146(97)00130-1
- Rawdkuen, S., Jongjareonrak, A., Phatcharat, S., Benjakul, S., 2010. Assessment of protein changes in farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*) muscles during refrigerated storage. *International Journal of Food Science and Technology* 45(5), 985-994. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02217.x
- Regost, C., Jakobsen, J.V., 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
- Rezaei, M., Sahari, M.A., Moeini, S., Safari, M., Ghaffari, F. 2003. Comparison quality oil of anchovy Kilka in two methods of transport and cold storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 3, 97-108.
- Sinnhuber, R.O., Yu, T.C., 1958. 2-Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products II. The quantitative determination of malonaldehyde. *Food Technology* 12, 9-12.
- Talebi, M., Khara, H., Zoryeh Zahra, J., Ghobadi, Sh., KhodabandehLu, A., Mirersoli, A., 2012. Investigating the effect of astaxanthin pigment on the growth, pigmentation and blood factors of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Magazine* 9, 71-88.
- Watabe, S., Kamal, M., Hashimoto, K., 1991. Postmortem changes in ATP, creatinine phosphate, and lactate in sardine muscle. *Journal of Food Science* 56(1), 151-153. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1991.tb07998.x

