



مطالعه پیشگویی تغییرات کیفی فیله کپور علفخوار بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته به روش سطح پاسخ

شیرین افشاری نسب^۱، ابوالفضل عسگری ساری^۲، لاله رومیانی^{۳*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. دانشیار گروه مهندسی شیمی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳. گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۲

چکیده

مطالعه حاضر به منظور پیش‌بینی بار باکتریایی کل، TVB-N (میزان بازهای نیتروژنی فرار کل)، ارزیابی حسی و نیز شاخص تازگی فیله کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته (%CO₂ 55% + %N₂ 45%) انجام شد. ماهیان بسته‌بندی شده در دماهای ۰، ۶ و ۱۲ درجه سانتی‌گراد که بر اساس خروجی نرم‌افزار دیزاین اکسپرت بهینه شده بودند، به مدت ۵، ۱۰ و ۱۵ روز نگهداری شدند. تغییرات پارامتر بار باکتریایی، TVB-N، شاخص تازگی (K-value که شامل HxR+ HX+ ATP+ ADP+ AMP+ IMP+ HxR+ HX) و شاخص‌های مرتبط با آن مورد بررسی قرار گرفت. کیفیت فیله کپور علفخوار، در تیمارهای متفاوت زمانی و دمایی اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P > 0.05$) و با افزایش زمان از ۵ تا ۱۵ روز و در دماهای متفاوت، این شاخص‌ها روند افزایشی را نشان دادند ($P > 0.05$). دو شاخص IMP و HxR با افزایش زمان و دما کاهش یافتند ($P > 0.05$) و کمترین مقدار را در روز پانزدهم و دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد نشان دادند ($P > 0.05$). فیله کپور علفخوار در دمای صفر درجه سانتی‌گراد تا روز پانزدهم و در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد تا روز پنجم براساس شاخص باکتریایی، بازهای نیتروژنی فرار و شاخص تازگی برای مصرف انسان مطلوب بود، اما بر اساس این شاخص‌ها در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد در روزهای ۵، ۱۰ و ۱۵ در شرایط نامطلوب قرار داشت. دما و زمان بر روی تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده تاثیر معنی‌داری داشتند ($P < 0.01$) و با توجه به F-value، در تمامی شاخص‌ها دما در مقایسه با زمان شاخص تاثیرگذارتری بود. فرمول‌های پیشنهادی برای تمامی شاخص‌های مورد بررسی در آزمایش (متغیرهای وابسته)، از ضریب تبیین (R^2) و ضریب تبیین اصلاح شده (R^2 -adj) نزدیک به ۱ برخوردار بودند. فرمول‌های پیشنهادی برای هر شاخص، قادر به بررسی پیشگویی تغییرات کیفی فیله کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته با درصد خطای پایین بودند.

واژگان کلیدی: سطح پاسخ، تغییرات کیفی، کپور علفخوار، بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته.



Study of predict quality changes of MAP grass carp fillets by Response Surface Methodology

Shirin Afsharinasab¹, Abolfazle Asgari Sari², Lale Romiani^{3*}

1. Associate Professor, Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2. Msc student, Department of Chemical Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

3. Associate Professor, Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Received: 11-Jul-2020 Accepted: 04-Sep-2020

Abstract

The present study was to evaluate changes in total viable count (TVC), TVB-N (volatile nitrogen bands), sensory evaluation and also the freshness index of carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillet packed in at fillet packed in modified atmosphere (CO₂ 55% + N₂ 45%). Fish packaged in the atmosphere package on temperature 0, 6 and 12 °C, optimized for the state-Ease Design Expert software, were stored for 5, 10 and 15 days. Bacterial load changes (national standard no. 2325), TVB-N, (K-value which includes the ATP + ADP + AMP + IMP + HX + HXR) were investigated. The quality of the grass carp fillet showed a significant difference in time and temperature (P< 0.05) and with increasing time from 5 to 15 days and from 0 to 12 °C, these parameters showed an incremental (P< 0.05). Two indicators IMP and HxR decrease with increasing time and temperature (P< 0.05) and the lowest value on the day 15 and the temperature of 12 °C (P< 0.05). Grass carp fillet at 0 °C until the 15th day and at 6° C until the fifth day based on bacterial index, volatile nitrogen bases and freshness index was desirable for human consumption, but based on these indicators at temperature 12 °C on days 5, 10 and 15 was in unfavorable conditions. Temperature and time had a significant effect on all measured indices (P< 0.01). Regarding the F-value, in all indices, temperature was more effective than index time. The suggested formulas for all the indices studied in the experiment (dependent variables), had a correlation coefficient (R²) and modified explanatory coefficient (R² -adj) close to 1. The proposed formulas for each indicator were able to predict the quality changes of *Chenopharyngodon idella* fillet packed in modified atmosphere with low error explanatory coefficient (R² -adj) close to 1.

Keywords: Response Surface Methodology, Quality changes, *Ctenopharyngodon idella*, Modified atmosphere packaging.

۱. مقدمه

ماهی ارزش تغذیه‌ای بسیار بالایی داشته که اکثراً به دلیل مواد مغذی مفید و ضروری در معرض فساد اکسیداتیو و باکتریایی قرار دارند (Boknæs et al., 2000). فعالیت آنزیم‌ها بعد از صید، سبب تجزیه پروتئین‌ها و لیپیدها می‌شود. همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌ها بالاخص باکتری‌ها، اثرات مخرب و نابودکننده‌ای بر روی بافت ماهی ایجاد می‌کند. همچنین آنزیم‌های موجود در بدن ماهی، بعد از صید، از کنترل خارج شده و فعالیت‌های تخریبی شدیدی بر روی پروتئین‌ها و لیپیدها دارند (Lopusiewicz et al., 2018).

در سال‌های مختلف روش‌های متفاوتی مانند انواع روش‌های بسته‌بندی، استفاده از ترکیبات طبیعی و مصنوعی جهت کاهش سرعت فساد مورد استفاده قرار گرفته است، در روش بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته، ترکیب گاز معینی (دی‌اکسید کربن، ازت و اکسیژن)، جایگزین هوا در بسته شده و سپس عمل بسته‌بندی انجام می‌گیرد. مطالعات نشان داده که درصد افزایش ماندگاری مواد و فرآورده‌های گوشتی در سیستم MAP در مقایسه با نگهداری در معرض هوا از صفر (بدون افزایش) درصد تا ۲۸۰ درصد متغیر می‌باشد (Sivertsvik et al., 2002). مدل پیشگو یک بیان ریاضی است که رشد، بقاء، غیرفعال شدن میکروارگانیسم یا فرآیندهای بیوشیمیایی را توصیف می‌کند (Zhang et al., 2011; Lin and Morrissey, 1994). چنانچه مدل‌های ریاضی مربوط به طیف وسیعی از مواد غذایی توسعه پیدا نمایند، نیاز به انجام آزمایش‌های میکروبی اختصاصی برای غذاهایی جدید به میزان زیادی کاهش خواهد یافت و حتی شاید بتوان پیشگویی زمان نگهداری و سلامت غذا را از طریق یک پایگاه اطلاعاتی کامپیوتری انجام داد (Beuchat, 1973). در واقع مدل‌های پیشگو یک ارتباط کمی را بین فاکتورهای مورد

استفاده نظیر درجه حرارت، pH، نمک، رطوبت نسبی و زمان با شاخص‌های فسادزا برقرار می‌کنند (de Quadros et al., 2015). مدل جنبشی بر اساس معادله آرنیوس برای تغییرات کیفی محصولات و فرآورده‌های آبزیان استفاده می‌شود (Liu et al., 2016; Xiao et al., 2015). بنابراین خطاهای باقی‌مانده محاسبه و مدل برای شبیه‌سازی استفاده می‌شود (Adnani et al., 2017; Liu et al., 2016). تفاوت مدل لجستیک و آرنیوس برای بررسی تغییرات کیفی کپور معمولی نگهداری شده در شرایط سرد توسط Bao و همکاران (۲۰۱۳) مورد مطالعه قرار گرفت. آنها نتیجه گرفتند که هر دو مدل برای اینکار مناسب هستند و خطای نسبی بین مقادیر مشاهده شده با مقادیر پیشگویی ۵ درصد بود. کاربرد مدل ترکیبی برای پیشگویی تغییرات کیفی و ماندگاری کپور سرگنده توسط Liu و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد. آنها در دماهای مختلف تغییرات K-value و بار میکروبی را ارزیابی کردند و این مدل را برای پیشگویی تغییرات کیفی فیله مناسب تشخیص دادند. Zhang و همکاران (۲۰۱۱) کیفیت کپور علفخوار در درجه‌حرارت‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند و مدل‌های پیش‌بینی در مقایسه با اعداد تجربی فقط تقریباً ۱۰ درصد خطا داشتند. Houg و همکاران (۲۰۱۲) مدل کیفی پیش‌بینی برای بررسی تازگی کپور سرگنده در دماهای مختلف را بررسی و آن را ابزاری کارآمد برای پیش‌بینی شاخص تازگی مطرح کردند که در محدوده دمایی ۳- تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. با توجه به گستردگی پارامترهای مورد اندازه‌گیری در این پیشگویی، علاوه بر بالا بردن دقت پیشگویی که نیاز به آزمایش‌های تجربی را کاهش می‌دهد، می‌تواند کاربرد گسترده‌ای در صنعت غذا داشته باشد. با توجه به جدید بودن این تحقیق و عدم سابقه انجام در ایران، هدف از این مطالعه بکارگیری یک مدل ترکیبی برای شاخص‌های کیفی مواد غذایی بر پایه تکنیک خطا-دقت برای پیشگویی تغییرات کیفی فیله کپور علفخوار بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته می‌باشد.

¹ MAP: Modified Atmosphere Packaging

۲. مواد و روش‌ها

۱۰۰ عدد کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) (میانگین وزن ماهیان ۱۷۰۰-۱۵۰۰ گرم) در سال ۱۳۹۷، از مزرعه پرورش ماهیان گرمابی استان مازندران تهیه و با استفاده از یخ (به نسبت حدود ۱ به ۱) به آزمایشگاه میکروبی و شیمیایی دام و طیور ساری منتقل شدند. پس از تمیز کردن و استخوان‌گیری ماهی‌ها با دست، فیله‌های بدون پوست به شکل مستطیل و با ابعاد ۳×۸×۲۰ سانتی‌متر برش‌خورده و به صورت تکی در کیسه‌های سه لایه پلی‌اتیلنی پلی‌آمیدی ۳۰×۱۵ سانتی‌متر

با ضخامت ۸۵ میکرومتر و دانسیته ۰/۹۶ گرم در میلی‌لیتر (نفوذپذیری نسبت به دی‌اکسیدکربن و نیتروژن به ترتیب ۷۵/۳ و ۱۰ میلی‌لیتر در مترمربع) قرار داده و سپس کیسه‌ها با استفاده از دستگاه بسته‌بندی وبوماتیک (Webomatic C 15-HLD, Germany) به میزان ۹۹/۹ درصد خلاء شدند و سپس مخلوطی از ۵۵ درصد گاز دی‌اکسیدکربن و ۴۵ درصد نیتروژن (Mesgaran and Roomiani, 2017) به داخل آنها تزریق، دربندی و در ۰، ۶ و ۱۲ درجه سانتی‌گراد و برای ۵، ۱۰ و ۱۵ روز نگهداری شدند (Lopusiewicz et al., 2018) (جدول ۱).

جدول ۱- طراحی تیمارهای انتخابی براساس درجه حرارت و روزهای نگهداری

درجه حرارت	تعداد روز نگهداری
۰	۵
۰	۱۰
۰	۱۵
۶	۵
۶	۱۰
۶	۱۵
۱۲	۵
۱۲	۱۰
۱۲	۱۵

درخصوص شاخص‌های حسی ثبت کنند.

۲.۱. ارزیابی حسی

ارزیابی حسی توسط ۱۵ فرد (مرد و زن) آموزش دیده در گروه‌های سنی ۲۵ تا ۳۷ سال بر پایه ارزیابی ارزشگذاری ۹ نمره‌ای و طبق روش امتیازدهی Lin و Morrissey (۱۹۹۴) انجام پذیرفت. برای ارزیابی پارامترهای حسی به نمونه‌های دارای درجه کیفی ۱ نمره ۱۵-۱۶، درجه کیفی ۲ با نمره ۱۴-۱۳، درجه کیفی ۳ نمره ۱۲-۱۱، درجه کیفی ۴ با امتیاز ۱۰-۶ و نمونه‌های غیرقابل مصرف امتیاز کمتر از ۶ داده شد. برای آماده‌سازی، نمونه‌های فیله در داخل فویل آلومینیوم، به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۸ درجه سانتی‌گراد بخارپز شدند. ۴۰ گرم نمونه از هر تیمار در اختیار هر یک از اعضای گروه ارزیاب قرار گرفته تا نظرات خود را

۲.۲. بار باکتریایی کل

تعیین بار باکتریایی بر طبق استاندارد شماره ۲۳۲۵ (۲۰۰۲) انجام شد. به این منظور ۵ گرم نمونه با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر به کیسه استریل استومیگر منتقل و به صورت هموژن درآمدند. سپس نمونه تا رقت ۱۰^۵ میلی‌لیتر رقیق شد. ۱ میلی‌لیتر از هر رقت در پلت حاوی محیط کشت پلیت کانت آگار^۱ قرار داده شد. بعد از چند دقیقه همه پلیت‌ها وارونه و در انکوباتور به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. شمارش باکتری‌ها در روزهای ۵، ۱۰ و ۱۵ انجام شد.

^۱ PCA= Plate Count Agar

گرم اکسید منیزیم به عنوان کاتالیزور به آن اضافه و در نهایت ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر برای تقطیر به آن اضافه شد. در مرحله بعد ۲۵ میلی لیتر اسید بوریک ۲ درصد نرمال به آن افزوده شد. بعد از نصب سیستم، دستگاه کلدال را روشن کرده و به مدت ۴۵ دقیقه حرارت داده شد تا زمانی که محلول داخل ارلن مایر به رنگ زرد درآمد. سپس با اسیدسولفوریک ۰/۰۱ نرمال تیترا شد تا به رنگ اولیه (ارغوانی) درآمد. مقدار این پارامتر بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم بافت گزارش شد (AOAC, 2002).

فرمول ۲

= میزان مواد از ته فرار

$$100 \times 1/4 \times \text{میزان تیترازول نمونه شاهد} - \text{نمونه مصرفی (میلی لیتر)}$$

۲.۵. تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت مدل‌سازی از نرم‌افزار State-Ease Design Expert نسخه ۱۰ ساخت شرکت Stat-Ease (۲۰۱۷) آلمان و جهت بررسی آماری از نرم‌افزار SPSS۲۳ استفاده شد. مدل‌سازی با توجه به تکنیک طراحی مرکب مرکزی از نوع مرکز وجه ($\alpha=1$)، رابطه بین متغیرها و نتایج حاصله از آزمایش‌ها به صورت یک مدل برازش چندجمله‌ای تقریبی خطی، تداخلی و توانی بدست آمد. آنالیز شاخص‌های حسی با آزمون ناپارامتریک کروسکال-والیس انجام شد. در آنالیز سطح پاسخ میزان F Value شاخصی است که جهت تعیین میزان اهمیت یک پارامتر در مقایسه با سایر پارامترهای مورد مقایسه استفاده می‌شود. شاخص‌های با اهمیت بالا میزان F Value بالاتری داشته و با کاهش میزان عددی این شاخص، میزان تاثیرگذاری متغیرها (مثل دما یا زمان) بر روی یک پارامتر کاهش می‌یابد.

۳. نتایج

بر اساس جدول ۱، روند تغییرات بار باکتریایی در نمونه‌های فیله کپور علفخوار بسته‌بندی شده در اتمسفر

۲.۳. اندازه‌گیری شاخص تازگی و محصولات

مرتبط با آن

شاخص تازگی در روزهای ۵، ۱۰ و ۱۵ نگهداری، اندازه‌گیری و محصولات مرتبط با آن با استفاده از روش Liu و همکاران (۲۰۱۶) بدست آمدند. ۱ گرم از بافت ماهیچه خرد و با ۲ میلی لیتر اسیدپرکلریک (۱۰v/v درصد) حل و با دور ۴۰۰۰ در دمای ۴ درجه سانتی گراد برای ۵ دقیقه مخلوط شدند. پس از برداشتن مایع رویی، رسوبات با ۲ میلی لیتر اسیدپرکلریک (۵v/v درصد) شسته شده و با دور ۴۰۰۰ در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شدند. فرآیند شستشو ۲ بار تکرار شد. تمام مایعات ترکیب و با استفاده از محلول NaOH (۱ مول بر میلی لیتر و ۱۰ مول بر میلی لیتر) به محدوده pH=۶/۶-۳۵/۴۵ رسيدند. سپس با دور ۳۰۰۰ g برای ۳ دقیقه مخلوط شدند. مایع بالایی جداسازی و با ۱۰ میلی لیتر اسیدپرکلریک (pH=۶/۴۰) تعدیل شد. محلول بدست آمده با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۰/۲۲ میکرومتر فیلتر و در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. میزان ATP، IMP، HxR و Hx به وسیله دستگاه کروماتوگرافی (VP100 Thermo HPLC) مدل Agilent Technologies-7890A متصل به طیف‌سنجی جرمی مدل AgilentTechnologies-5975C با ستون کاپیلاری HP-5MS (طول ۳۰ متر × قطر بیرونی ۰/۲۵ میلی‌متر × ۲۵ میکرومتر قطر داخلی) بدست آمد. براساس نتایج K-value از طریق فرمول ۱ محاسبه خواهد شد:

فرمول ۱

$$K_{\text{value}} = \frac{(HxR + Hx \times 100)}{(ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx)}$$

۲.۴. اندازه‌گیری TVB-N

اندازه‌گیری TVB-N به کمک دستگاه کلدال K1100 Hanon ساخت چین صورت گرفت. ۱۰ گرم نمونه به یک بالن ۵۰۰ میلی لیتری انتقال یافت. سپس ۲

سانتی‌گراد بدست آمد. در مورد دو شاخص IMP و HXR روند مشاهده شده با افزایش زمان و دما رو به کاهش گذاشت ($P > 0.05$). در هر دو شاخص مورد بررسی، کمترین مقدار در روز پانزدهم و دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد ($P > 0.05$). امتیاز داده شده به شاخص حسی کاهش معنی‌داری با افزایش زمان و دمای نگهداری داشت ($P > 0.05$) (جدول ۲). اندازه AMP و ADP در حد ناچیز گزارش شد.

تغییر یافته (دما و زمان متغیر) به قرار زیر است: بار باکتریایی و K-value فیله کپور علفخوار در تیمارهای مختلف، تحت تاثیر زمان و درجه حرارت تغییرات معنی‌دار را نشان داد ($P > 0.05$) و با افزایش زمان از ۵ تا ۱۵ روز و از دمای صفر تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد، این شاخص‌ها روند افزایشی را نشان دادند ($P > 0.05$). بر این اساس بالاترین مقدار شاخص‌های بار میکروبی، TVB-N، ATP و HX به ترتیب در ۱۵ روز و در دمای ۱۲ درجه

جدول ۲- بررسی تغییرات کیفی فیله ماهی کپور علفخوار بسته بندی شده در اتمسفر تغییر یافته

پارامتر	زمان (روز)		
	۱۵	۱۰	۵
بار میکروبی (Log cfu/g)	۴/۹۴±۰/۰۸ ^{Ac}	۴/۰۴±۰/۱۰ ^{Ab}	۳/۰۳±۰/۲۶ ^{Aa}
	۸/۹۶±۰/۲۶ ^{Bc}	۷/۷۴±۰/۱۲ ^{Bb}	۵/۳۵±۰/۱۲ ^{Ba}
	۱۰/۱۸±۰/۰۹ ^{Cc}	۹/۳۶±۰/۵۷ ^{Cb}	۸/۹۸±۰/۴۱ ^{Ca}
TVB-N (mg/100 g)	۱۲/۲۴±۰/۱۲ ^{Ac}	۱۱/۰۶±۰/۲۷ ^{Ab}	۹/۰۴±۰/۰۹ ^{Aa}
	۲۱/۹۱±۰/۳۹ ^{Bc}	۱۷/۲۴±۰/۱۳ ^{Bb}	۱۰/۰۹±۰/۰۴ ^{Ba}
	۳۹/۷۸±۰/۸۱ ^{Cc}	۳۰/۰۳±۰/۲۶ ^{Cb}	۱۷/۵۱±۰/۳۲ ^{Ca}
ATP (μmol/g)	۰/۲۳±۰/۰ ^{Ac}	۰/۱۸±۰/۰۰۵ ^{Ab}	۰/۱۴±۰/۰۰۶ ^{Aa}
	۰/۲۶±۰/۰۰۳ ^{Bc}	۰/۲۴±۰/۰۰۲ ^{Bb}	۰/۲۴±۰/۰۰۷ ^{Ba}
	۰/۵۶±۰/۰۱ ^{Cc}	۰/۴۰±۰/۰۰۳ ^{Cb}	۰/۲۹±۰/۰۰۱ ^{Ca}
IMP (μmol/g)	۵/۱۸±۰/۱۰ ^{Ac}	۶/۶۸±۰/۲۹ ^{Ab}	۷/۰۹±۰/۰۹ ^{Aa}
	۲/۹۹±۰/۰۰۷ ^{Bc}	۵/۱۹±۰/۱۰ ^{Bb}	۶/۴۳±۰/۰۰۶ ^{Ba}
	۳/۱۸±۰/۰۹ ^{Cc}	۲/۴±۰/۰۰۵ ^{Cb}	۳/۹۱±۰/۰۰۶ ^{Ca}
HXR(μmol/g)	۳/۳۵±۰/۱۵ ^{Ac}	۳/۹۹±۰/۰۱ ^{Ab}	۴/۵۰±۰/۲۴ ^{Aa}
	۲/۱۸±۰/۱۷ ^{Bc}	۲/۵۱±۰/۰۰۵ ^{Bb}	۲/۹۱±۰/۰۰۸ ^{Ba}
	۱/۳۱±۰/۰۹ ^{Cc}	۱/۵۹±۰/۰۰۵ ^{Cb}	۲/۱۹±۰/۰۰۴ ^{Ca}
HX(μmol/g)	۰/۵±۰/۰۰۴ ^{Ac}	۰/۳۶±۰/۰۰۲ ^{Ab}	۰/۱۲±۰/۰۰۷ ^{Aa}
	۰/۸۱±۰/۰۰۶ ^{Bc}	۰/۷۱±۰/۰۰۲ ^{Bb}	۰/۵۵±۰/۰۱۵ ^{Ba}
	۲/۸۸±۰/۱۳ ^{Cc}	۱/۹۲±۰/۰۰۵ ^{Cb}	۱/۲۳±۰/۰۰۸ ^{Ca}
K-value (درصد)	۶۱/۲۹±۲/۷۲ ^{Ac}	۵۲/۸۶±۳/۶۴ ^{Ab}	۴۵/۹۳±۳/۸۵ ^{Aa}
	۷۶/۶۰±۱/۹۰ ^{Bc}	۷۱/۳±۱/۳۵ ^{Bb}	۶۸/۹۰±۰/۹۵ ^{Ba}
	۹۵/۸۷±۱ ^{Cc}	۹۲/۰۸±۱/۹۱ ^{Cb}	۸۴/۹۴±۳/۸۳ ^{Ca}
ارزیابی حسی	۳/۰۰ ^c	۱۰/۰۰ ^b	۱۶/۰۰ ^a
	۱/۰۰ ^d	۶/۰۰ ^{bc}	۱۴/۰۰ ^{ab}
	۰/۰۰ ^d	۴/۰۰ ^c	۹/۰۰ ^b

۳.۱. مدل‌سازی

نتایج آنالیز واریانس مدل پیشنهادی مربوط به شاخص‌های مؤثر بر کیفیت فیله ماهی، در جدول ۳ نشان

داده شده است. عدم معنی‌دار بودن آزمون برازش ($p < 0.01$) در تمام شاخص‌های مورد بررسی مشاهده گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس فاکتورهای مؤثر بر کیفیت فیله کپور علفخوار

میانگین مربعات								df	Source
p-value	IMP	p-value	ATP	p-value	TVB-N	p-value	بار میکروبی		
<./0.001	۴۲/۹۳**	<./0.001	۰/۲۴**	<./0.001	۱۷۰۶/۸۲**	<./0.001	۱۰۷/۶۸**	۵	Model
<./0.001	۲۹/۸۳**	<./0.001	۰/۱۶**	<./0.001	۱۰۰۷/۶۰**	<./0.001	۹۰/۹۲**	۱	A-Radiation
۰/۰۰۰۲	۱۲/۳۲**	۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۶**	<./0.001	۴۶۳/۵۱**	<./0.001	۱۵/۰۳**	۱	B-Time
۰/۲۴۴۹	۰/۷۰	۰/۰۰۶۵	۰/۰۱۶**	<./0.001	۱۸۱/۷۴**	۰/۴۰۳۴	۰/۲۵	۱	AB
۰/۷۰۶۳	۰/۰۶۹	۰/۰۲۰۶	۰/۰۱۱*	<./0.001	۴۹/۸۴**	۰/۰۶۱۶	۱/۴۰	۱	A ²
۰/۹۰۱۰	۷/۵۱۱ E-۰۰۳	۰/۵۵۸۵	۵/۴۴۴ E-۰۰۴	۰/۰۰۴۴	۴/۱۲**	۰/۶۲۹۴	۰/۰۸۱	۱	B ²
	۵/۵۹		۰/۰۱۸		۴/۰۴		۳/۹۷	۳/۹۷	Residual
۰/۰۸۲۰	۵/۴۵ ^{ns}	۰/۰۵۰۳	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۳۰۶۷	۱/۲۸ ^{ns}	۰/۰۶۱۰	۳/۲۷ ^{ns}	۳	Lack of Fit
	۰/۱۴		۱/۷۵۰ E-۰۰۳		۲/۷۶		۰/۷۰	۹	Pure Error
	۸۵/۵۱		۰/۲۵		۱۷۱۰/۸۶		۱۱۱/۶۵	۱۷	Cor Total
	۱۴/۲۵		۱۳/۵۵		۳/۰۹		۸/۲۷		C.V%
	۰/۸۸۴۸		۰/۹۲۹۱		۰/۹۹۷۶		۰/۹۶۴۴		R-Squared
	۰/۸۳۶۶		۰/۸۹۹۶		۰/۹۹۶۷		۰/۹۴۹۶		Adj R-Squared
	۰/۷۴۷۷		۰/۸۴۴۱		۰/۹۹۴۰		۰/۹۲۱۷		Pred R-Squared

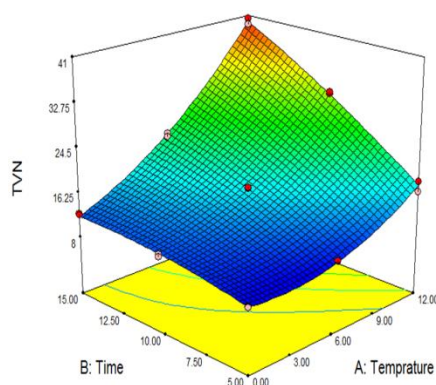
* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد ** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ درصد، ns عدم معنی‌داری

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس عوامل مؤثر بر کیفیت فیله ماهی کپور علفخوار

میانگین مربعات								df	Source
p-value	شاخص تازگی	p-value	شاخص حسی	p-value	HX	p-value	HXR		
<./0.001	۴۳۵/۱۶**	<./0.001	۴۶۳۷/۳۰**	<./0.001	۱۱/۹۸**	<./0.001	۱۸/۱۰**	۵	Model
<./0.001	۳۵۰/۶۸**	<./0.001	۴۲۴۲/۰۳**	<./0.001	۸/۴۸**	<./0.001	۱۵/۱۹**	۱	A-Radiation
<./0.001	۷۷/۶۲**	<./0.001	۳۸۴/۹۹**	<./0.001	۱/۷۶**	<./0.001	۲/۵۳**	۱	B-Time
۰/۲۷۰۲	۵/۴۴*	۰/۰۳۲۵	۹/۸۳	۰/۰۰۰۶	۰/۸۲**	۰/۱۷۸۸	۰/۰۳۹	۱	AB
۰/۹۳۹۶	۰/۷۰	۰/۴۰۴۱	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰۴	۰/۹۲**	۰/۰۰۱۳	۰/۳۳**	۱	A ²
۰/۸۹۸۱	۰/۷۲	۰/۳۹۵۹	۰/۱۳	۰/۸۴۸۶	۱/۴۶۹ E-۰۰۳	۰/۵۲۱۰	۸/۴۰۳ E-۰۰۳	۱	B ²
	۱۱/۱۹		۸۸/۳۳		۰/۴۶		۰/۲۳	۳/۹۷	Residual
۰/۳۲۷۹	۷/۸۶ ^{ns}	۰/۰۹۳۰	۲۶/۹۶ ^{ns}	۰/۲۰۰۲	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۱۹۷۳	۰/۰۹ ^{ns}	۳	Lack of Fit
	۳/۳۳		۶۱/۳۷		۰/۰۶۰		۰/۱۴	۹	Pure Error
	۴۴۶/۳۵		۴۷۲۵/۳۶		۱۲/۴۴		۱۸/۳۳	۱۷	Cor Total
	۳/۷۶		۷/۲۷		۱۹/۴۳		۵/۰۸		C.V%
	۰/۹۶۱۳		۰/۹۷۴۹		۰/۹۶۲۸		۰/۹۸۷۴		R-Squared
	۰/۹۷۳۵		۰/۹۶۴۵		۰/۹۴۷۳		۰/۹۸۲۲		Adj R-Squared
	۰/۹۵۵۵		۰/۹۴۸۰		۰/۹۱۷۲		۰/۹۶۹۸		Pred R-Squared

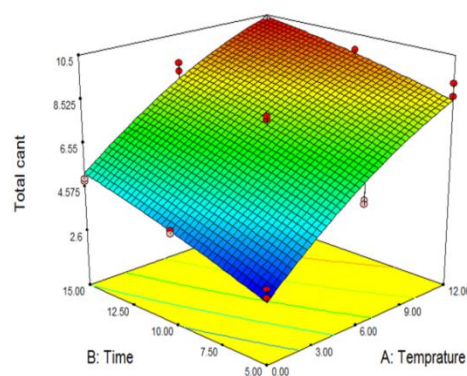
* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد ** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ درصد، ns عدم معنی‌داری

و زمان بر تغییرات ازت فرار کل موثر بودند ($p < 0.01$) که بر این اساس در مدل پیشنهادی به عنوان عوامل موثر ذکر شده‌اند (شکل ۱-ب) و همانطور که بیان شد، با توجه به مقادیر F-Value (۲۹۹۱/۷۲) دما در مقایسه با مقادیر F-Value (۱۳۷۶/۲۵) زمان، دما عامل موثرتری در تغییرات مقادیر ازت فرار کل بود.



ب

با توجه به نتایج، شاخص‌های دما و زمان (شکل ۱-الف) بر روی بار باکتریایی، ازت فرار کل، ATP، IMP، اینوزین و شاخص حسی به صورت خطی موثر بودند و با توجه به F-value، در تمامی متغیرهای مورد بررسی، دما در مقایسه با زمان شاخص تاثیرگذارتری بود. در مورد بار باکتریایی توانایی زمان و دما و نیز هم‌افزایی آنها (AB) بر روی آن موثر نبود. اثر توانایی زمان و دما و اثر متقابل دما

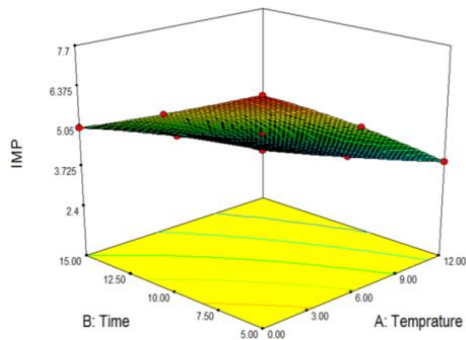


الف

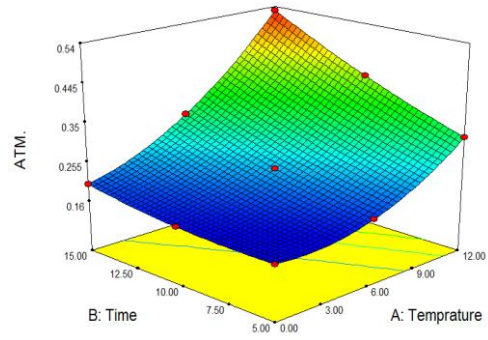
شکل ۱- اثر متغیرهای ورودی بر بار باکتریایی کل (الف) و ازت فرار کل (ب)

در مورد شاخص تازگی و شاخص‌های حسی، دما و زمان و نیز اثر متقابل آنها، بر تغییرات این شاخص موثر نبودند ($p > 0.01$). به این ترتیب از مدل‌های پیشنهادی حذف شدند. مطابق با شکل ۳-الف و ۳-ب با افزایش دما و زمان، شاخص تازگی و شاخص‌های حسی به ترتیب افزایش و کاهش یافتند. با توجه به شیب خط، تاثیر درجه حرارت در مقایسه با زمان بر روی این شاخص‌ها بسیار موثرتر بود و در دمای پایین و زمان نگهداری کمتر، شاخص حسی و شاخص تازگی امتیاز بالاتری را نشان داد. براساس خروجی نرم‌افزار و نیز شکل‌های سه‌بعدی بدست آمده، تاثیر خطی افزایش دما و زمان بر روی مقادیر شاخص HXR، IMP، HXR و K-value به خوبی قابل مشاهده است که در مورد IMP $(Y_{IMP} = 4.85 - 1.58A - 1.01B)$ و K-value $(Y_{Kvalue} = 0.68 + 0.84A + 0.38B)$ این تاثیر فقط خطی بوده و در مورد HXR $(Y_{HXR} = 2.50 - 1.13A + 0.46B + 0.29A^2)$ اثر توانایی دما نیز بر روی تغییرات مشاهده شده موثر بود.

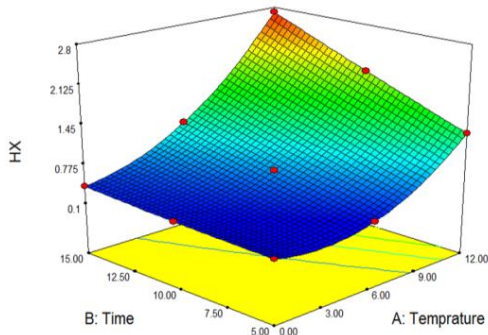
در مورد شاخص ATP، زمان با شیب انحنای کمتری نسبت به دما بر تولید این شاخص موثر بود ($p < 0.01$). اثر توانایی زمان در سطح ۹۵ درصد بر تولید ATP موثر نبود از این رو در مدل پیشنهادی حذف شد (شکل ۲-الف). بر اساس مدل‌های تعیین شده، فقط شاخص‌های خطی دما و زمان بر تولید اینوزین مونوفسفات یا IMP موثر بودند ($p < 0.01$)، به همین دلیل اثر متقابل و اثر توانایی دما و زمان از مدل پیشنهادی حذف شد (شکل ۲-ب). شکل ۴ گویای آن است که خط نشان‌دهنده دما با انحنای بیشتری در مقایسه با خط نشان‌دهنده زمان در تولید ATP و IMP موثر بود، بطوریکه در دمای پایین در مدت زمان کمتری میزان بیشتری از این شاخص‌ها در فیله وجود داشت. دما در مقایسه با زمان، اثر توانی در تولید اینوزین داشت و اثر توانی زمان در تولید این دو ماده معنی‌دار نبود و فاکتور دما با شیب بیشتری از متغیر زمان در تولید اینوزین و هیپوزانتین در فیله‌ها موثر بود (شکل ۲-ج و ۲-د).



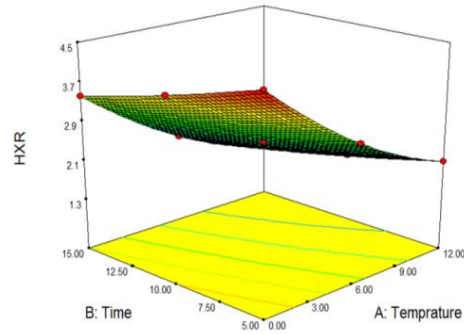
ب



الف

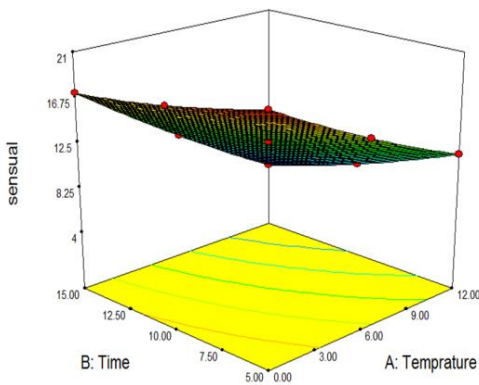


د

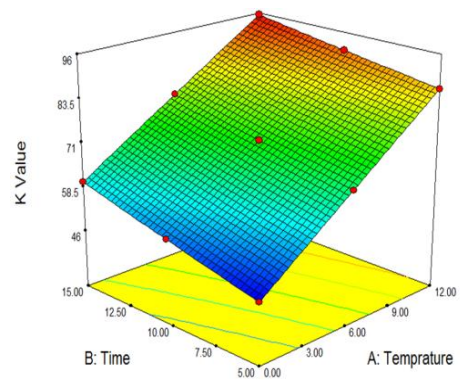


ج

شکل ۲- اثر متغیرهای ورودی بر تولید الف-ATP؛ ب-IMP؛ ج-HXR؛ د-HX



ب



الف

شکل ۳- شکل سه بعدی اثر متغیرهای ورودی بر الف-شاخص تازگی و ب: آنالیز حسی

برای هر شاخص مدل‌هایی برای پیش‌بینی آنها بدست آمد (جدول ۴).

با توجه به خروجی نرم‌افزار RSM و توضیحات درج شده در خصوص هر شاخص بر اساس شکل‌های سه بعدی،

جدول ۴- مدل‌های پیشنهادی براساس RSM

شاخص	مدل پیشنهادی
بار میکروبی	$Y_{\text{Total count}}=7.45+2.75A+1.12B$
TVB-N	$Y_{\text{TVB-N}}=17.09+9.16A+6.21B+4.77AB+3.53A^2-1.01B^2$
ATP	$Y_{\text{ATP}}=0.24+0.12A+0.062B+0.045AB+0.052A^2$
IMP	$Y_{\text{IMP}}=4.85-1.58A-1.01B$
HxR	$Y_{\text{HXR}}=2.50-1.13A+0.46B+0.29A^2$
HX	$Y_{\text{HX}}=0.68+0.84A+0.38B+0.32AB+0.48A^2$
شاخص تازگی	$Y_{\text{Kvalue}}=0.68+0.84A+0.38B$
K _{value}	$Y_{\text{sensory}}=12.72-5.41A-2.54B-0.82AB$

۴. بحث

عدم معنی‌دار بودن آزمون برآزش ($p < 0.01$) در تمام شاخص‌های مورد بررسی بیانگر این امر است که نقاط به خوبی در اطراف مدل قرار گرفته‌اند و از این مدل‌ها می‌توان برای پیشگویی مقادیر بار میکروبی فیله کپور علفخوار استفاده کرد (Adnani *et al.*, 2017). براساس مدل پیشنهادی، دما و زمان به صورت خطی بر روی تغییرات بار باکتریایی تاثیرگذار بودند که دما در مقایسه با زمان عامل موثرتری بود که با روند مشاهده شده در مطالعه حاضر تطابق دارد. Liu و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که تغییرات میکروبی کپور سرگنده (*Aristichthys nobilis*) در دماهای بالاتر بیشتر و ماندگاری فیله‌ها کمتر بود و تائید کننده اهمیت دما در مقایسه با زمان بر روی تغییرات بار میکروبی در طول نگهداری است. به دلیل عوامل محدوده‌کننده‌ای که از رشد جمعیت خود باکتری‌ها ایجاد می‌شود بار میکروبی گوشت ماهی از 8 Log CFU/g افزایش نمی‌یابد، لذا استاندارد مجموع بار میکروبی 7 Log CFU/g تعیین شده است (de Quadros *et al.*, 2015) که در صفر و ۶ درجه سانتی‌گراد در روزهای ۵، ۱۰ و ۱۵ و در ۶ درجه سانتی‌گراد فیله‌ها تا روز پنجم در محدود مجاز از نظر بار باکتریایی قرار داشتند. شاخص TVB-N در فیله‌های نگهداری شده نشان‌دهنده میزان ترکیبات نیتروژنی

تشکیل شده در اثر فعالیت باکتری‌های پروتئولیتیک و پروتئازهای موجود در گوشت ماهی است (Adnani *et al.*, 2017). همچنین بیان شده است که مواد از ته فرار متیل‌آمین، دی‌متیل‌آمین، تری‌متیل‌آمین و آمونیاک را دربر می‌گیرند که به دلیل فساد میکروبی و فعالیت آنزیمی به وجود می‌آیند (Han *et al.*, 2017). از این رو تغییرات میزان TVB-N یا ازت فرار کل با تغییرات مشاهده شده در خصوص بار میکروبی تطابق دارد، که بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته به این موضوع کمک کرد.

در مطالعات مختلف از تغییرات ایجاد شده در ATP و نیز محصولات ناشی از شکستن آن برای سنجش تازگی و فساد ماهی و فرآورده‌های دریایی استفاده می‌شود (Hultman, 2003). در مطالعات حاضر ATP و HX بر خلاف روند مشاهده شده در مورد IMP، HXR و K-value با افزایش دما و زمان نگهداری روند افزایشی را نشان دادند (جدول ۲) که در مورد ۵ شاخص مورد بررسی روند مشاهده شده در داده‌های تجربی با خروجی مدل‌های مشاهده شده در نرم‌افزار منطبق بود. بر اساس خروجی نرم‌افزار در مورد ATP علاوه بر اثر خطی (که دما مهم‌تر از زمان بود)، هم‌افزایی زمان و دما و نیز اثر توانایی دما از عوامل تاثیرگذار بر روی تغییرات ATP بودند ($0.052A^2+Y_{\text{ATP}}=0.24+0.12A+0.062B+0.045AB$).

همین نتیجه در مورد هیپوزانتین نیز مشاهده شد و

همچنین بر اساس مدل پیشنهادی $Y_{\text{sensor}} = 12.72 - 5.41A - 2.54B - 0.82AB$ برهم‌کنش دما و زمان بر روی تغییرات حسی موثر بود، اما با توجه به شیب خط، دما همچنان عامل موثرتری در مقایسه با زمان بود که با یافته‌های تجربی تطابق دارد. Jalili و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی اثر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته بر روی ماندگاری گوشت چرخ شده کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) نیز کاهش ویژگی‌های حسی را با افزایش زمان ماندگاری گزارش کردند که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. همچنین در مطالعه Liu و همکاران (۲۰۱۶) بعد از ۴ روز در ۱۲ درجه سانتی‌گراد، ۶ روز در ۹ درجه سانتی‌گراد، ۸ روز در ۶ درجه سانتی‌گراد، ۱۲ روز در ۳ درجه سانتی‌گراد و ۱۴ روز در ۰ درجه سانتی‌گراد، کاهش امتیاز حسی را با افزایش زمان و مدت نگهداری گزارش کردند، که همانند مطالعه حاضر تاییدکننده اهمیت درجه حرارت در مقایسه با زمان بر روی ماندگاری است.

با توجه به نتایج جدول ۳، خروجی مدل $(Y_{\text{Totalkant}} = 7.45 + 2.75A + 1.12B)$ قادر به پیشگویی تغییرات ایجاد شده در فیله کپور علفخوار بود. مدل‌سازی (جدول ۴) تاثیر خطی زمان و دما، اثر توانایی و اثر هم‌افزایی آنها را تایید می‌کند $(Y_{\text{TVB-N}} = 17.09 + 9.16A + 6.21B + 4.77AB + 3.53A^2 - 1.01B^2)$. مقدار بازهای نیتروژنی فرار موجود در فیله بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته با گذشت زمان، افزایش یافت. این افزایش در مطالعات مختلف از جمله مطالعات Mashayekhi و همکاران (۲۰۱۴) در تیلایپای بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته و مطالعه Gunsen و همکاران (۲۰۱۱) در مورد فیله آنچوی بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته اعلام شده و علت آن را ناشی از فعالیت باکتری‌ها و آنزیم‌های اتولیتیکی موجود در گوشت ماهی نسبت دادند. مقدار کل بازهای نیتروژن فرار شاخص مهم فساد در آبزیان است و مقدار ۳۵-۳۰ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم ماهی به عنوان حد مجاز بازهای نیتروژن فرار

تغییرات این شاخص علاوه بر وابسته بودن به تغییرات دما و زمان (بر اساس اطلاعات تجربی) به برهم‌کنش این دو شاخص و اثر توانایی دما به عنوان عامل مهمتر در مقایسه با زمان وابسته بود $(Y_{\text{HX}} = 0.68 + 0.84A + 0.38B + 0.32AB + 0.48A^2)$.

هیپوزانتین به عنوان محصول تولید شده از شکستن و تجزیه ATP، منحصرأ به عنوان نشانگر تازگی ماهی کاربرد دارد (Boknæs et al., 2000; Ehira and Uchiyama, 1973; Jahns et al., 1976; Jalili et al., 2014). Kiesvaara و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که هیپوزانتین در طول نگهداری در قزل‌آلا، ماهی سفید و سوف افزایش می‌یابد که این افزایش در دماهای ۱۰+ تا ۱۴+ آرام و در دمای ۰+ بسیار آرام است، از طرفی این محصول موجب ایجاد تلخی در بافت می‌شود.

در مطالعه Liu و همکاران (۲۰۱۶) نگهداری در همه زمان‌ها (روزهای ۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۱۸) و همه دماها (حرارت‌های ۰، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ درجه سانتی‌گراد) سبب افزایش معنی‌دار K-value شد. Ehira و Uchiyama (۱۹۷۳) K-value را بهترین شاخص برای تازگی ماهی معرفی و عنوان کردند که این شاخص نسبت به تری‌متیل‌آمین و نیتروژن کل، ارتباط قوی‌تری با تازگی دارد. بالاترین سطح قابل قبول K-value ۷۰ درصد ذکر شده است (Saito et al., 1959) که در دمای صفر درجه سانتی‌گراد در روزهای ۵، ۱۰ و ۱۵ و در ۶ درجه سانتی‌گراد در روز پنجم در محدوده مجاز بودند. تغییرات K-value تحت تاثیر آنزیم‌های ماهیچه‌ای است و نه میکروبی (Ehira and Uchiyama, 1973) و در درجه حرارت پایین، آنزیم‌هایی همانند ۵- نوکلئوتیداز غیرفعال می‌شوند و این امر تجزیه نوکلئوتیدها را کاهش و مانع از افزایش شاخص تازگی می‌شود (Guizani et al., 2005). تغییرات حسی تحت تاثیر افزایش دما و زمان نگهداری رو به کاهش نهاد، هر چند کاهش در تیمارهایی با دمای بالاتر بیشتر بود. در دمای ۰ و ۶ درجه سانتی‌گراد فیله‌ها تا روز دهم و در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد تا روز صفر قابل مصرف بودند.

دمای ۶ درجه سانتی‌گراد تا روز ۵ براساس شاخص‌های میکروبی، بازهای نیتروژن فرار و شاخص تازگی برای مصرف انسانی مطلوب بود. در دمای ۱۲ درجه‌سانتی‌گراد در روزهای ۵، ۱۰ و ۱۵ فیله‌ها در شرایط نامطلوب قرار داشتند. نتایج نشان داد نزدیکی زیادی بین نتایج بدست آمده با روش تجربی و مقادیر پیش‌بینی‌شده با روش آماری وجود داشت که این موضوع با توجه به ضریب تبیین (R^2) و ضریب تبیین اصلاح شده (R^2 -adj) نزدیک به ۱، قابل تایید است. در مجموع نتایج بدست آمده نشان می‌دهد تحقیق حاضر قادر به پیشگویی تغییرات کپور علفخوار بسته‌بندی شده در شرایط اتمسفر تغییر یافته با درصد خطای پایین بوده و مدل‌های بدست آمده کارایی کافی برای پیش‌بینی شاخص‌های مورد بررسی در سطح ۹۹ درصد را دارا هستند.

محسوب می‌گردد (Jezek and Buchtová, 2014). مقادیر بهینه پیش‌بینی‌شده و واقعی برای متغیرهای مستقل و پاسخ‌های وابسته بر اساس خروجی جدول ۳، از مقبولیت بالایی برخوردار بودند به این معنی که مقادیر پیش‌بینی شده به مقادیر واقعی نزدیک بوده و اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$). مقادیر R^2 اندازه‌گیری شده و پیشگویی شده به عدد ۱ و نیز یکدیگر نزدیک بودند، که نشان می‌دهد مدل‌های پیشگویی شده دارای مقبولیت بالایی بوده و به خوبی قادر به پیشگویی روند تغییرات در فیله کپور علفخوار بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته می‌باشند.

۴.۱. نتیجه‌گیری

داده‌های بدست آمده از مطالعه حاضر نشان داد که فیله کپور علفخوار در دمای صفر درجه تا روز ۱۵ و در

References

۵. منابع

- Adnani, A., Darvishi, S., Mohammadi, K., 2017. Effect of lime extract of Kurdistan on biochemical and microbiological characteristics of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*). Iranian Journal Fisheries Science 25(-), 41-52. (In Persian).
- AOAC, 2002. Official Methods of Analysis of AOAC International (17th ed.). MD, Gaithersburg, USA Association of Official Analytical Chemistry.
- Bao, Y., Zhou, Zh., Lu, H., Luo, Y., Shen, H., 2013. Modelling quality changes in Songpu mirror (*Cyprinus carpio*) fillets stored at chilled temperature: comparison between Arrhenius model and log-logistic model. *Journal of Food Science and Technology* 48(-), 387-393.
- Beuchat, L.R., 1973. Hypoxanthine measurement in assessing freshness of chilled channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 21(-), 453-455.
- Boknæs, N., Österberg, C., Nielsen, J., Dalgaard, P., 2000. Influence of freshness and frozen storage temperature on quality of thawed cod fillets stored in modified atmosphere packaging. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 33(-), 244-248.
- de Quadros, D.A., Rocha, I.F.O., Ferreira, S.M.R., Bolini, H.M.A., 2015. Low sodium fish burgers: Sensory profile and drivers of liking. *Food Science and Technology* 63(-), 236-242.
- Ehira, S., Uchiyama, H., 1973. Formation of Inosin and Hypoxanthine in Fish Muscle during Ice Storage. *Bullton Tokai. Regulatory Fish Lantin* 75(-), 63-73.
- Guizani, N., Al-Busaidy, M. A., Al-Belushi, I. M., Mothershaw, A., Rahman, M. S., 2005. The effect of storage temperature on histamine production and the freshness of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Food Research International* 38(2), 215-222.
- Gunsen, U., Ozcan, A., Aydin, A., 2011. Determination of Some Quality Criteria of Cold Storage Marinated Anchovy under Vacuum and Modified Atmosphere Conditions. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11(-), 233-242

- Han, D., Han, I., Dawson, P., 2017. Combining modified atmosphere packaging and nisin to preserve Atlantic salmon. *Journal of Food Research* 6(-), 51-62.
- Hong, H., Luo, Y., Zhu, S., Shen, H., 2012. Establishment of quality predictive models for bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets during storage at different temperatures. *International Journal of Food Science and Technology* 47(3), 488-494.
- Hultman, L., 2003. Endogenous Proteolytic Enzymes- Studies of Their Impact on Fish Muscle Proteins and Texture. Doctoral Thesis. Pp. 110.
- Jahns, F.D., Howe, J.L., Coduri, R.J.JR., Rand A.G., 1976. A rapid visual enzyme test to assess fish freshness. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 5(-), 27-30
- Jalili, S.H., Sinaghat, N., Noghani, F., 2014. Effect of packaging with modified atmosphere and green tea extract on the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) at refrigerator temperature. *Iranian Journal Fisheries Science* 1(-), 27-13. (In Persian).
- Jezeek, F., Buchtová, H., 2014. The effect of vacuum packaging on physicochemical changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during cold storage. *Journal of the University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences in Brno* 83(-), 51-58
- Kiesvaara, M., Heinio, R.L., Mustranta, A., Harrula, T., Vartianinen, T., Hallikainen, A., 1992. Silakka ravintona (Baltic herring as food). Helsinki. Elintarvikevirasto Julkaisuja. pp. 140.
- Kolakowska A, Zienkiewicz L, Domiszewski Z., Bienkiewicz G., 2006. Lipid changes and quality of whole and gutted Rainbow trout during storage in ice. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 36 (1), 39-47.
- Lin, D., Morrissey, M.T., 1994. Iced storage characteristics of Northern squawfish (*Ptychocheilus oregonensis*). *Aquatic Food Production Technology* 3(-), 25-43.
- Liu, X., Qin, N., Luo, Y., 2016. Application of a combination model based on an error-correcting technique to predict quality changes of vacuum-packed bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets. *LWT - Food Science Technology* 74(-), 514-520.
- Lopusiewicz, L., Jedra, F., Bartkowiak, A. 2018. New Active Packaging Films Made from Gelatin Modified with Fungal Melanin. World Scientific News. pp. 1-30.
- Mashayekhi, F., Moradi, Y., Gohar Ardebili, A., Mohammadzadeh Milani, J. F. Zare Gashti, A., Rezvani Gil Kala'i, A.S., 2014. The effect of different packages on the microbial, chemical and sensory properties of the fillet of tilapia Nile fish kept at the refrigerator temperature. *Iranian Journal Fisheries Science* 22(-), 85-100. (In Persian)
- Mesgaran, N., Roomiani, L., 2017. Effect of Nisin, Sodium Lactate and modified atmosphere packaging on the survival of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Iranian Journal Fisheries Science* 2(-), 91-104. (In Persian).
- Nirmal, N.P., Benjakul, S., 2011. Retardation of quality changes of Pacific White shrimp by green tea extract treatment and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology* 149(-), 247- 253.
- Saito, T., Arai, K., Matsuyoshi, M., 1959. A new method for estimating the freshness of fish. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 24(9), 749-750.
- Xiao, L., Wang, J., Dong, Y., Wu, J., 2015. Combined forecasting models for wind energy forecasting: A case study in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 44(-), 288-271.
- Zhang, L., Shen, H., Luo, Y., 2011. A nondestructive method for estimating freshness of freshwater fish. *European Food Research and Technology* 232(6), 979-984.

