فصلنامه علمی ـ پژوهشی
دورهٔ ٦، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹٦، صفحه ۵۷- ۷٤

تعیین عمر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پوشش داده شده با آلژینات سدیم حاوی اینولین طی نگهداری در شرایط یخچال (۴±۲^{0}c)

بهروز محمدزاده،[۱] مسعود رضائی[۲*]، مرضیه حسینی نژاد[۳]، محسن برزگر بفروئی[٤]

۱- دانشجوی دکتری، گروه فرآوری آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
۲- استاد، گروه فرآوری آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
۳- استادیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی مشهد
٤- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

دریافت: ۹۵/۰٤/۱۸ پذیرش: ۹۵/۰۷/۰٦

*نویسنده مسئول مقاله: rezai_ma@modares.ac.ir

چکیده:

فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به دو روش غوطه‌وری و اشباع تحت خلأ با آلژینات سدیم حاوی سطوح ۱۰، ۲۰،۳۰ و ٤۰ درصد اینولین پوشش داده شدند. سپس مقدار فروکتان در نمونه‌های پوشش داده شده، سنجش و به‌ترتیب سطوح ۲۰ و ٤۰ درصد اینولین از روش اشباع تحت خلأ و غوطه‌وری به‌منظور تعیین عمر ماندگاری انتخاب گردیدند. در ادامه، تغییرات شیمیایی و میکروبی در نمونه‌های شاهد و تیمارشده طی ۱٦ روز نگه‌داری در یخچال (٤±۲^{0}c) به فاصله هر ٤ روز یکبار تعیین و بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان فروکتان طی دوره نگه‌داری در نمونه‌های پوشش داده شده به هر دو روش تغییرات معناداری نداشت ($p\geq$۰/۰۵)، همچنین میزان فروکتان در نمونه‌های با پوشش حاوی ۲۰ درصد اینولین در روش پوشش دادن اشباع تحت خلأ بیشتر از روش غوطه‌وری بود که حاکی از کارایی بیشتر این روش در انتقال اینولین به فیله ماهی بود. پراکساید ابتدا افزایش و سپس در پایان دوره به‌طور معناداری ($p\leq$۰/۰۵) کاهش یافت. شاخص‌های pH، تیوباربیتوریک اسید، مجموع بازهای نیتروژنی فرار، شمار باکتری‌های هوازی مزوفیل و سرمادوست به‌طور معناداری ($p\leq$۰/۰۵) همراه با گذشت زمان افزایش یافتند و در تمامی نمونه‌ها میزان تیوباربیتوریک اسید در روز ۱۲، مجموع بازهای نیتروژنی فرار در روز ۱٦، شمار باکتری‌های مزوفیل هوازی و سرمادوست در روز ۱۲ از حد قابل قبول برای گوشت ماهی تجاوز کردند. در مجموع میزان فروکتان فیله‌های پوشش داده شده طی نگهداری در یخچال (٤±۲^{0}c) تغییر قابل توجهی نکرد، علاوه بر این، عمر ماندگاری فیله پوشش داده شده حاوی اینولین به هر دو روش پوشش‌دهی در شرایط نگهداری یخچال (٤±۲^{0}c) کمتر از ۱۲ روز ب

کلید واژگان: فیله، اینولین، روش پوشش‌دهی، عمر ماندگاری

علوم و فنون شیلات ـــــــ

انتقال بخار آب و همچنین حفظ رنگ نسبت به نمونه‌های شاهد شد و علاوه بر این سبب ایجاد پوششی با ضخامت بیشتر بر سطح تکه‌های هویج گردید. علاوه بر این، از روش اشباع تحت خلأ برای کاهش زمان آب نمک‌گذاری در فرایند شور کردن ماهی نیز استفاده شده است (Chiralt et al., 2001). در تحقیق پیش‌رو ابتدا فیله ماهی با دو روش غوطه‌وری و اشباع تحت خلأ با پوشش حاوی پری‌بیوتیک اینولین پوشش داده شد تا کارایی این دو روش در انتقال پری‌بیوتیک اینولین مشخص شود، سپس در ادامه مؤثرترین پوشش‌ها از هر روش انتخاب و عمر ماندگاری فراورده حاوی پری‌بیوتیک اینولین در شرایط یخچالی (4^0c) طی ١٦ روز نگهداری تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

پوشش دادن فیله ماهی به دو روش غوطه‌وری و اشباع تحت خلأ

پوشش خوراکی آلژینات سدیم حاوی سطوح مختلف اینولین (Bene, Belgium) ١٠، ٢٠، ٣٠ و ٤٠ درصد براساس روش Roble و همکاران (٢٠١١) تهیه گردید. ماهی از مرکز عرضه زنده ماهی واقع در شهرستان نور تهیه و بلافاصله پس از کشتار، یخ‌گذاری و به آزمایشگاه دانشکده علوم دریایی تربیت مدرس منتقل شد. پس از آماده‌سازی اولیه ماهی و تهیه فیله برای انجام بهتر عمل پوشش‌دهی و اندازه یکسان در نمونه‌های مورد آزمایش، تکه‌های فیله با میانگین وزنی ٥±٤٠ گرم آماده شد. به‌منظور بررسی اثر دو روش مختلف پوشش دادن بر میزان انتقال ترکیب پری‌بیوتیک اینولین به فیله ماهی، تکه‌های فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ٥±٤٠ گرم به‌شرح ذیل پوشش داده شدند: در روش غوطه‌وری ١ دقیقه غوطه‌وری در محلول پوششی، ٣٠ ثانیه چکاندن، ٣٠ ثانیه غوطه‌وری، ٣٠ ثانیه چکاندن و در نهایت ٣ دقیقه غوطه‌وری در محلول کلرید کلسیم ٥ درصد برای انعقاد بهتر پوشش بر پایه آلژینات سدیم بر سطح فیله، سپس به‌منظور تشکیل کامل پوشش بر سطح فیله، تکه‌های فیله پوشش‌دار به محفظه مجهز به جریان هوای سرد (٢±٤ درجه سانتی‌گراد) (Binder, Germany) (شکل ١) منتقل شدند. به‌منظور ارزیابی روش اشباع تحت خلأ در پوشش‌دار کردن فیله ماهی، محفظه‌ای مجهز به پمپ ایجاد خلأ و فشارسنج آماده گردید که در آن فشار خلأ ایجاد شده قابل کنترل بود. سپس تکه‌های فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ٥±٤٠ گرم درون محلول‌های پوششی حاوی سطوح مختلف اینولین قرار گرفتند و به درون دستگاه منتقل شدند. در ادامه برای اعمال اشباع تحت خلأ فشاری معادل ١٠٠ میلی‌بار به‌مدت ٣٠ دقیقه و در دمای محیط (٢±٢٥ درجه سانتی‌گراد) اعمال گردید. سپس کل سیستم به‌مدت ١٠ دقیقه برای بازگشت فشار داخلی محفظه به فشار اتمسفر به حال خود رها شد (Duan et al, 2010). سپس فیله‌ها از دستگاه برداشته و برای انعقاد بهتر پوشش خوراکی بر سطح فیله به‌مدت ٣ دقیقه در محلول کلرید کلسیم ٥ درصد غوطه‌ور شدند و در نهایت به‌منظور تشکیل کامل پوشش بر سطح فیله، مشابه روش غوطه‌وری تکه‌های فیله پوشش‌دار به‌مدت ١ ساعت در معرض هوای خنک (٢±٤ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. در مجموع تکه‌های فیله با پوشش خوراکی آلژینات سدیم حاوی غلظت‌های ١٠؛ ٢٠، ٣٠ و ٤٠ درصد اینولین به دو روش غوطه‌وری و اشباع تحت خلأ پوشش داده شدند؛ هر روش ٤ گروه و در مجموع ٨ گروه. در ادامه میزان فروکتان در نمونه‌های پوشش داده شده سنجش گردید تا از هر روش مؤثرترین پوشش انتخاب و برای تعیین عمر ماندگاری استفاده شود.

شکل ١ قرار دادن تکه‌های فیله‌های پوشش داده شده درون محفظه جریان سرد به‌منظور شکل‌گیری پوشش بر سطح فیله

سنجش میزان فروکتان

میزان فروکتان (واحد سنجش اینولین نوع فروکتان) **در** نمونه‌های بررسی شده با استفاده از کیت سنجش فروکتان (K-FRUC 03/14, Megazyme Company, Irland) که بر پایه روش‌های سنجش فروکتان در مواد غذایی شامل AOAC 999.03 و AACC 32.32 طراحی شده است، تعیین گردید. بدین منظور ابتدا نمونه‌های فیله‌ماهی پوشش داده شده در خشک‌کن انجمادی (CHRIST ALPHA 1-2LD, Germany) خشک و بعد با آسیاب پودر شدند. سپس فروکتان به روش تهیه عصاره آبی از نمونه استخراج گردید و در ادامه ساکاروز، نشاسته و قندهای احیاکننده موجود در عصاره با استفاده از محلول آنزیمی آمیلاز/ساکاروز حذف شدند. سپس فروکتان موجود در عصاره استخراجی به‌وسیله محلول آنزیمی فروکتاناز به واحدهای گلوکز و فروکتوز هیدرولیز گردید و در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری (Lambda 25, PerkineElmer, Fremont, CA, USA)، جذب محلول نهایی در طول موج ٤١٠ نانومتر ثبت شد و با استفاده از نرم‌افزار Mega-CalTM ارائه شده از سوی شرکت Megazyme، میزان فروکتان نمونه‌ها برحسب میلی‌گرم فروکتان در ١٠٠ گرم نمونه خشک محاسبه گردید.

تعیین عمر ماندگاری فیله‌های ماهی پوشش‌دار در شرایط نگهداری در یخچال (٢±٤ درجه سانتی‌گراد)

میزان فروکتان در فیله‌های پوشش داده شده به دو روش غوطه‌وری و اشباع تحت خلأ سنجش شد که در روش غوطه‌وری، پوشش آلژینات سدیم حاوی ٤٠ درصد اینولین و در روش اشباع تحت خلأ، پوشش آلژینات سدیم حاوی ٢٠ درصد اینولین حاوی بیشترین فروکتان بودند. این دو پوشش به همراه نمونه‌های فیله بدون پوشش برای تعیین عمر ماندگاری، به‌مدت ١٦ روز در شرایط یخچال (٢±٤ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند و به فاصله هر ٤ روز یکبار شاخص‌های کنترل کیفیت (شیمیایی، میکروبی و حسی) تعیین شدند. گفتنی است برای سهولت در ارائه نتایج در مرحله نگهداری، تیمارهای منتخب با حروف اختصاری نشان داده شدند: تیمار فیله بدون پوشش (Control)، تیمار فیله با پوشش آلژینات سدیم حاوی سطح ٢٠ درصد اینولین پوشش داده شده به روش اشباع تحت خلأ (CFVM+20 درصدI) و تیمار فیله با پوشش آلژینات سدیم حاوی سطح ٤٠ درصد اینولین پوشش داده شده به روش غوطه‌وری (CFDM + 40 درصدI).

آزمایش‌های شیمیایی

اندازه‌گیری pH

درجه pH نمونه‌ها با استفاده از pH متر دیجیتالی (مدل Testo 205، Germany) تعیین شد، بدین منظور ابتدا دستگاه مذکور کالیبره و سپس با فروبردن سنسور دستگاه به‌طور مستقیم درون نمونه‌ها pH سنجش گردید.

سنجش پراکساید

ابتدا روغن نمونه موردنظر استخراج گردید. بدین منظور مقدار ۱۵ گرم نمونه را وزن کرده و به‌همراه ٦۰ میلی‌لیتر متانول در دکانتور ریخته و به‌خوبی هموژن می‌شود. سپس مقدار ۳۰ میلی‌لیتر کلروفرم افزوده و دکانتور تکان داده می‌گردد. پس از ۵ دقیقه دوباره ۳۰ میلی‌لیتر کلروفرم اضافه شده و به‌مدت ۲٤ ساعت در این حالت قرار می‌گیرد تا چربی استخراج شود. پس از ۲٤ ساعت برای جداسازی فازها ۳٦ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. بعد از ۲ ساعت فاز زیرین جدا شده و با استفاده از گاز ازت حلال پراکنی صورت گرفت و روغن استخراج شده برای اندازه‌گیری سنجش میزان پراکساید استفاده شد (Bligh and Dyer, 1959). به‌منظور تعیین میزان پراکسید نمونه‌های بررسی شده، ۲۰ میلی‌لیتر از فاز پایینی دکانتور که از آن جهت استخراج روغن استفاده می‌شود به‌دقت به ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل و ۲۵ محلول اسید استیک کلروفرمی (نسبت کلر فرم به اسید استیک ۳:۲) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول یدورپتاسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر از آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به مجموعه افزوده و مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات‌سدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر گردید (Egan etal, 1997). میزان پراکسید براساس رابطه ۱ محاسبه شد.

(۱)

$$PV=\frac{\text{۱۰۰۰} \times \text{نرمالیته} \times \text{حجم مصرفی تیوسولفات}}{\text{وزن نمونه روغن}}$$

سنجش تیوباربیتوریک اسید

اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید[1] (ThioBarbitoric Acid) به‌وسیله روش رنگ‌سنجی انجام شد. مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه چرخ شده ماهی به یک بالن ۲۵ میلی‌لیتری انتقال یافت و سپس با ۱- بوتانل (Camchun, Korea) به حجم رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر از مخلوط فوق به لوله‌های خشک درب‌دار وارد شده و به آن ۵ میلی‌لیتر از معرف TBA اضافه گردید (معرف TBA به‌وسیلهٔ حل شدن ۲۰۰ میلی‌گرم از TBA در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال ۱- بوتانل پس از فیلتر شدن به‌دست می‌آید). لوله‌های درب‌دار در حمام آب با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت قرار گرفته و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. سپس مقدار جذب (As) در ۵۳۲ نانومتر در برابر شاهد آب مقطر (Ab) خوانده شد. مقدار TBA (میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی) براساس رابطه ۲ محاسبه گردید (Natseba et al, 2005)

$$TBA = \frac{(As - Ab) \times 50}{200} \qquad (۲)$$

سنجش مجموع بازهای نیتروژنی فرار

مجموع بازهای نیتروژنی فرار[2] (Total Volatile Base Nitrogen) مطابق روش Siang و Kim (۱۹۹۲) و با استفاده از سل میکرودیفیوژن کانوی[3] سنجش شد. در این

1. Tiobar bitoric acid (TBA)

2. Total Volatile Base Nitrogen (TVB-N)

3. Cell micro diffusion Conway

روش نیاز به ساخت محلول حلقه داخلی و خارجی می‌باشد، محلول حلقه داخلی متشکل از مخلوط شاخص و محلول اسید بوریک[1] می‌باشد. برای تهیه مخلوط شاخص ۰/۰۱ گرم برموکروسل سبز[2] و ۰/۰۲ گرم متیل رد[3] در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول[4] حل می‌گردد. برای تهیه محلول اسیدبوریک مقدار ۱۰ گرم اسید بوریک را در ظرف یک لیتری ریخته و با آب مقطر آن را حل کرده و سپس ۲۰۰ میلی‌لیتر اتانول به آن اضافه می‌شود. در ادامه مخلوط شاخص به آن افزوده و حجم محلول نهایی با استفاده از آب مقطر به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده و به‌خوبی هموژن می‌گردد. محلول حلقه خارجی متشکل از عصاره بافت ماهی و محلول اشباع شده کربنات پتاسیم[5] می‌باشد. برای تهیه محلول اشباع شده کربنات پتاسیم، ٦۰ گرم کربنات پتاسیم را در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر روی حرارت حل کرده و اجازه می‌دهیم به‌مدت ۱۰ دقیقه به آرامی بجوشد. پس از خنک شدن آن را با کاغذ صافی فیلتر می‌کنیم. برای تهیه عصاره نمونه بافت ماهی، مقدار ۲ گرم نمونه بافت هموژن شده ماهی را درون ظرف درب‌دار ۵۰ میلی‌لیتری ریخته، ۸ میلی‌لیتر تری‌کلرواسیداستیک[6] ٤ درصد به آن اضافه شده و به‌مدت ۱ دقیقه به‌خوبی هموژن می‌گردد و ۳۰ دقیقه به حال خود رها می‌شود و طی این مدت چندبار همزده می‌شود. سپس مخلوط فوق با کاغذصافی فیلتر می‌گردد و حجم محلول فیلترشده با استفاده از تری‌کلرواسیداستیک ٤ درصد به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده می‌شود. عصاره به‌دست آمده در این مرحله را می‌توان تا زمان سنجش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری کرد. نمونه شاهد نیز حاوی ۱۰ میلی‌لیتر تری‌کلرواسیداستیک ٤ درصد می‌باشد. پس از تهیه محلول‌های ذکر شده، میزان ۱ میلی‌لیتر از محلول حلقه داخلی به حلقه داخلی فلاسک کانوی منتقل و ۱ میلی‌لیتر از عصاره بافت ماهی تهیه شده به حلقه خارجی سل کانوی منتقل می‌شود. سپس ۱ میلی‌لیتر از محلول اشباع شده کربنات پتاسیم نیز به سمت روبه‌روی محلول حلقه خارجی ریخته شده به‌نحوی که در لحظه انتقال با آن مخلوط نشود. بلافاصله درب سل کانوی بسته و فلاسک روی سطح ثابت در جهت عقربه‌های ساعت به آرامی چرخانده می‌شود. سپس به‌مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده و پس از گذشت زمان مذکور، محلول حلقه داخلی با استفاده از اسید هیدروکلریک اسید[7] ۰/۰۲ نرمال به‌دقت تیتر می‌شود. با استفاده از رابطه ۳، مقدار مجموع بازهای نیتروژنی فرار بر حسب میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم بافت ماهی به‌دست می‌آید.

1. Boric acid
2. Green bromocresol
3. Methyl red
4. Ethanol
5. Potassium carbonate
6. Trichloroacetic acid
7. Hydrochloric acid

$$TVB-N(mgN/100g)=\frac{(V_S-V_B)*(N_{HCL}*A_n)*V_E*100}{W_S} \quad (۳)$$

در این رابطه V_S حجم مصرفی اسیدکلریدریک ۰/۰۲ نرمال برای نمونه اصلی، V_B حجم مصرفی اسیدکلریدریک ۰/۰۲ نرمال برای نمونه شاهد، N_{HCL} نرمالیته اسیدکلریدریک مصرفی، A_N جرم اتمی نیتروژن (معادل ١٤)، W_S وزن نمونه بافت ماهی و V_E حجم تری کلرواستیک اسید مصرفی برای استخراج عصاره بافت ماهی می‌باشند.

آزمایش‌های میکروبی

برای انجام آزمایش‌های میکروبی ۱۰ گرم نمونه از بخش درونی فیله در ٤٥ cc محلول ۰/۹ درصد NaCl مخلوط و هموژن شد. سپس رقت‌های مورد نیاز تهیه شد و ۱ cc از هر رقت برای کشت باکتری‌ها به روش پورپلیت در محیط پلیت کانت آگار قرار گرفت. نمونه‌های کشت داده شده در گرمخانه ^{0}C ۳۷ به‌مدت ٤٨ ساعت برای شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی و °C ۱۰ به‌مدت ۷ روز برای شمارش باکتری‌ها سرمادوست قرار گرفتند. پس از طی مدت انکوباسیون، کلونی‌ها شمارش شدند (Ibrahim, 2007; Ojagh et al., 2010).

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل شده با نرم‌افزار SPSS (Version 21, USA) انجام شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل مقادیر کمی به‌دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی و میکروبی مربوط به نمونه‌های فیله پوشش داده شده پس از کنترل طبیعی بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف – اسمیرنوف[1] از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده گردید. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها در مواردی که اثر کلی تیمارها معنادار شناخته شد، از آزمون دانکن[2] استفاده شد. گفتنی است که در تمامی مراحل تجزیه و تحلیل، خطای مجاز برای رد H_0، ۵ درصد در نظر گرفته شد (اجاق، ۱۳۸۹).

نتایج

میزان فروکتان

میزان فروکتان در فیله‌های پوشش داده شده به دو روش پوشش‌دهی شامل غوطه‌وری و استفاده از اشباع تحت خلأ در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود و براساس نتایج به‌دست آمده، در روش پوشش‌دهی غوطه‌وری با افزایش سطح اینولین میزان فروکتان به‌طور معناداری افزایش یافت ($p\geq$۰/۰۵)، به‌طوری‌که بیشترین میزان فروکتان مربوط به تیمار پوشش حاوی ٤٠ درصد اینولین و معادل ۱/٤۱۱۵ گرم در گرم ماده خشک بود. در پوشش‌دهی با استفاده از روش اشباع تحت خلأ، روند تغییرات میزان فروکتان نامنظم بوده به‌طوری‌که میزان فروکتان در تیمارهای حاوی سطوح ۲۰ و ۳۰ درصد به‌طور معناداری بیشتر از تیمار حاوی ۱۰ و ٤٠ درصد اینولین بود ($p\geq$۰/۰۵) و بیشترین میزان فروکتان مربوط به تیمار حاوی ۲۰ درصد اینولین و معادل ۱/۲۵۷۱ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک بود.

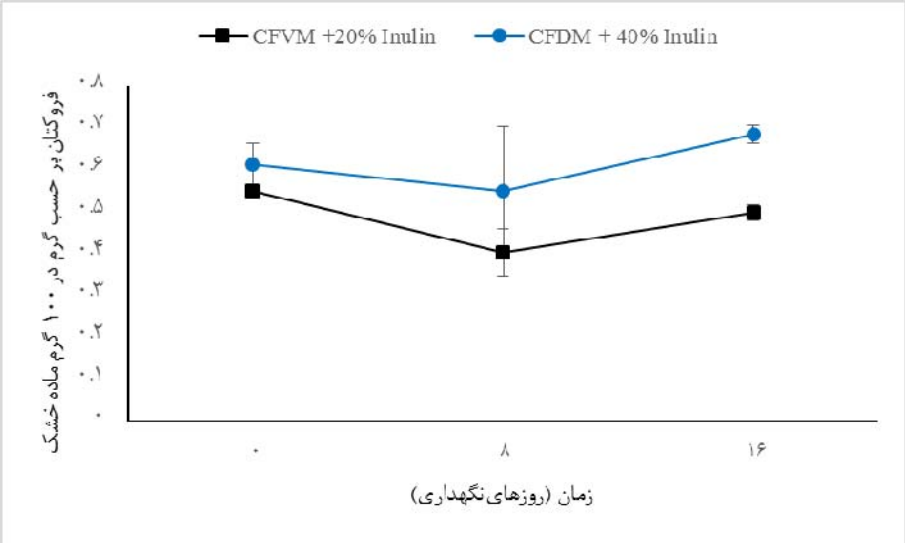
1. Kolomogorav – Smirnov
2. Duncan's multiple range tests

جدول ١ میزان فروکتان (گرم در ١٠٠ گرم ماده خشک) در فیله ماهی پوشش داده شده به دو روش غوطه‌وری و اشباع تحت خلأ

تیمار	روش غوطه‌وری	روش اشباع تحت خلأ
تیمار ١ (آلژینات + اینولین ١٠ درصد)	٠/٢٨٩٦±٠/٠٢٧^{A}	٠/٢١٩٨±٠/٠٠٣٩^{A}
تیمار ٢ (آلژینات + اینولین ٢٠ درصد)	٠/٧٢٧٦±٠/٣٥٠^{B}	١/٢٥٧١±٠/١٧٥٣^{C}
تیمار ٣ (آلژینات + اینولین ٣٠ درصد)	٠/٩٤٢٩±٠/١٨٣٦^{C}	١/٢٢٠٠±٠/٢١٤٣^{C}
تیمار ٤ (آلژینات + اینولین ٤٠ درصد)	١/٤١١٤±٠/٠٨٢^{D}	١/١٨٢٠±٠/١٧٨٢^{B}

*میانگین ± انحراف استاندارد، حروف بزرگ مشترک نشان از عدم تفاوت معنادار و حروف مختلف بزرگ وجود تفاوت معنادار در بین ردیف‌ها می‌باشد.

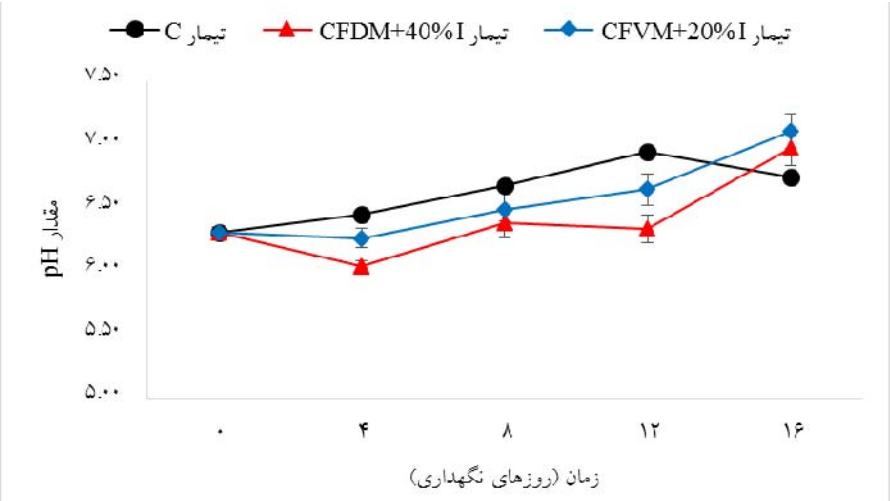
تغییرات مقادیر فروکتان نمونه‌های فیله پوشش‌دار طی دوره نگهداری (روزهای ٠، ٨ و ١٦) در شکل ٢ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، مقادیر فروکتان در نمونه‌های فیله پوشش‌دار شده به دو روش غوطه‌وری و اشباع تحت خلأ طی نگهداری در یخچال دارای نوسان بوده به‌طوری‌که در تمامی نمونه‌ها در روز هشتم میزان فروکتان کاهش و سپس افزایش یافت، اما این کاهش و افزایش معنادار نبود (p≥٠/٠٥).



شکل ٢ تغییرات میزان فروکتان در نمونه‌های فیله پوشش‌دار شده به دو روش غوطه‌وری (پوشش حاوی ٤٠ درصد اینولین) و اشباع تحت خلأ (پوشش حاوی ٢٠ درصد اینولین) بر حسب میلی‌گرم در ١٠٠ گرم ماده خشک طی ١٦ روز نگهداری در شرایط یخچال (٢±٤ درجه سانتی‌گراد)، نقاط مشخص شده نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند، تعداد تکرار ٣ بود.

تغییرات pH

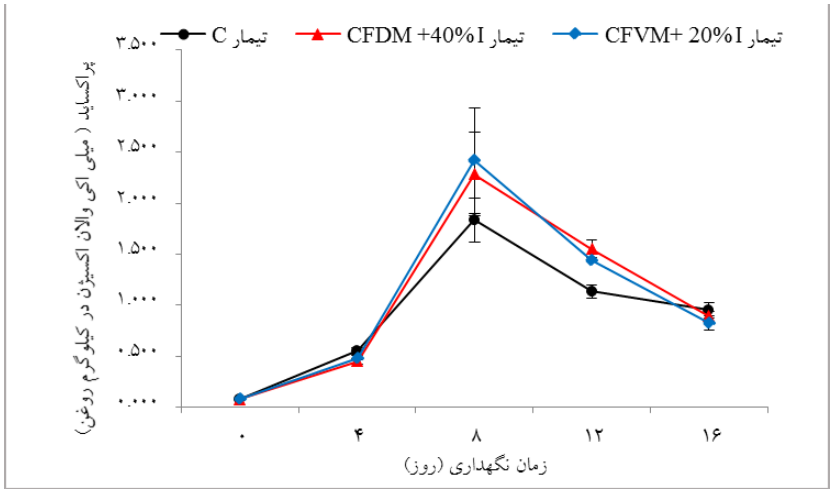
تغییرات مقادیر pH در تیمارهای مختلف طی زمان در شکل ٣ آورده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌گردد، مقدار pH در تیمارهای مختلف با گذشت زمان به‌طور معناداری نسبت به ابتدای دوره افزایش یافت (p≤٠/٠٥). به‌طوری‌که مقدار pH از ٦/٣١±٠/٠٥ در ابتدای دوره به مقادیر ٦/٧٥ ±٠/٠٣ در تیمار C، ٠/٢٨ ±٦/٦٩ در تیمار CFDM + 40 درصد I و ٧/١٢±٠/١٤ در تیمار CFVM + 20 درصد I افزایش یافت.



شکل ۳ تغییرات مقادیر pH در تیمارهای مختلف طی ۱٦ روز نگهداری در شرایط یخچال (۲±٤ درجه سانتی‌گراد) نقاط مشخص شده نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند، تعداد تکرار ۳ بود.

پراکساید

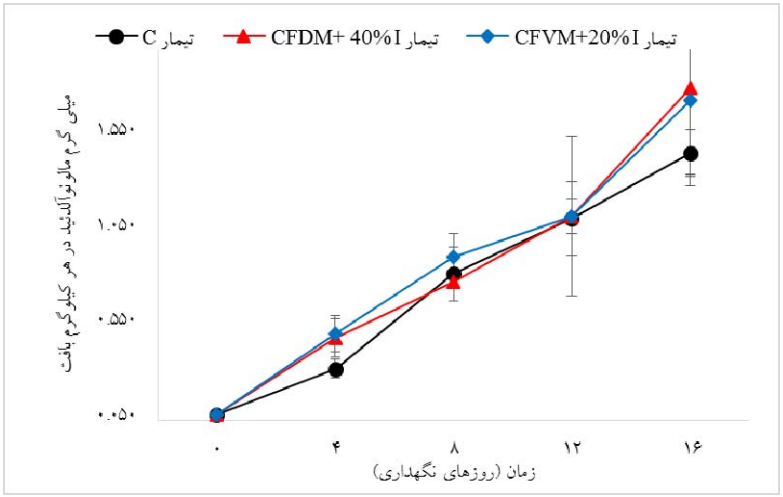
نتایج مربوط به تغییرات میزان پراکساید در تیمارهای مختلف در شکل ٤ آورده شده است. روند تغییرات در تمامی تیمارها حاکی از افزایش معنادار (p≤۰/۰۵) مقدار پراکساید همراه با گذشت زمان تا روز هشتم نگهداری و سپس کاهش معنادار (p≤۰/۰۵) تا پایان دوره (روز شانزدهم) بود. براین اساس مقدار پراکساید درابتدای دوره ۰/۰۰٤± ۰/۰۸ میلی‌گرم اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن بود که در روز هشتم دوره نگهداری به مقادیر ۰/۲۲ ±۱/۸۳ در تیمار C، ۰/٤۱± ۲/۲۸ در تیمار CFDM +40 درصدI و ۰/۵۲ ± ۲/٤۲ رسید و در ادامه در پایان دوره به مقادیر ۰/۰۸ ± ۰/۹۵ در تیمار C، ۰/۰۵± ۰/۷۷ در تیمار CFDM +40 درصدI و ۰/۰۷± ۰/۸۲ میلی اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن کاهش یافت.



شکل ٤ تغییرات مقادیر پراکساید (PV) بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن در تیمارهای مختلف طی ۱٦ روز نگهداری در شرایط یخچال (۲±٤ درجه سانتی‌گراد)، نقاط مشخص شده نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند، تعداد تکرار ۳ بود.

تیوباربیتوریک اسید

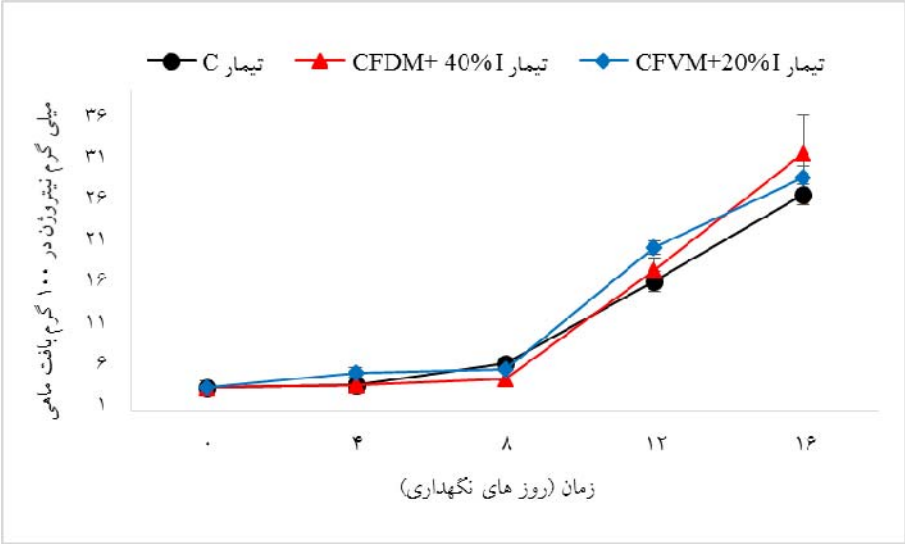
نتایج مربوط به تغییرات مقادیر تیوباربیتوریک اسید در تیمارهای مختلف طی دوره نگهداری در شکل ٥ آورده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد، میزان تیوباربیتوریک اسید در تمامی تیمارها همراه با گذشت زمان افزایش می‌یابد و مقدار این شاخص در روز ١٦ به‌طور معناداری بیش از مقدارش در ابتدای دوره است (p≤٠/٠٥). مقدار تیوباربیتوریک اسید در ابتدای دوره معادل ٠/٠١±٠/٠٧٧ میلی‌گرم مالونوئید آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی بود و در پایان دوره به بین ٠/١٤ ± ١/٤٦ درتیمار C، ٠/٢٧± ١/٨٠ در تیمار CFDM +40 درصدI و ٠/٢٦ ± ١/٧٤ میلی‌گرم مالونوئید آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی در تیمار CFVM + 20 درصدI رسید.



شکل ٥ تغییرات مقادیر تیوباربیتوریک اسید (TBA) بر میلی‌گرم مالونوئید آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی در تیمارهای مختلف طی ١٦ روز نگهداری در شرایط یخچال (٢±٤ درجه سانتی‌گراد)، نقاط مشخص شده نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند، تعداد تکرار ٣ بود.

مجموع بازهای نیتروژنی فرار

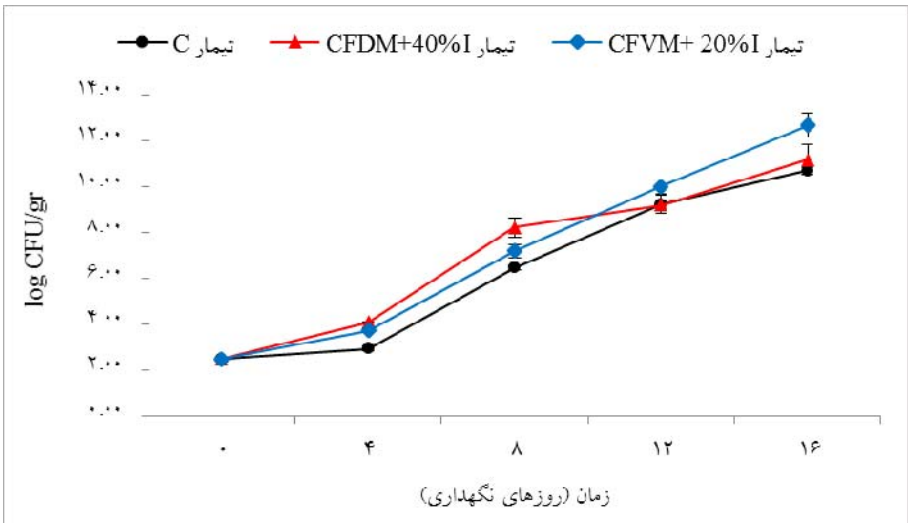
در شکل ٦ تغییرات مجموع بازهای نیتروژنی فرار نشان داده شده است، همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد، با گذشت زمان میزان این شاخص در تمامی تیمارها افزایش یافت و میزان مجموع بازهای نیتروژنی فرار در پایان دوره و در روز ١٦ در تمامی تیمارها به‌طور معناداری بیشتر از ابتدای دوره بود (p≤٠/٠٥). روند افزایش مجموع بازهای نیتروژنی فرار به گونه‌ای بود که از مقدار ٠/٨٣±٣/٨١ میلی‌گرم نیتروژن در ١٠٠ گرم بافت ماهی در ابتدای دوره به مقادیر ١/٢٠±٢٧/٢٦ در تیمار C، ٤/٨٢±٣٢/٢٣ در تیمار CFDM 40 + درصدI و ١/٤٠±٢٩/٣٩ میلی‌گرم نیتروژن در ١٠٠ گرم بافت ماهی در تیمار CFVM + 20 درصدI در انتهای دوره رسید.



شکل ٦ تغییرات مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) بر حسب میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم بافت ماهی در تیمارهای مختلف طی ١٦ روز نگهداری در شرایط یخچال (۲±٤ درجه سانتی‌گراد)، نقاط مشخص شده نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند، تعداد تکرار ۳ بود.

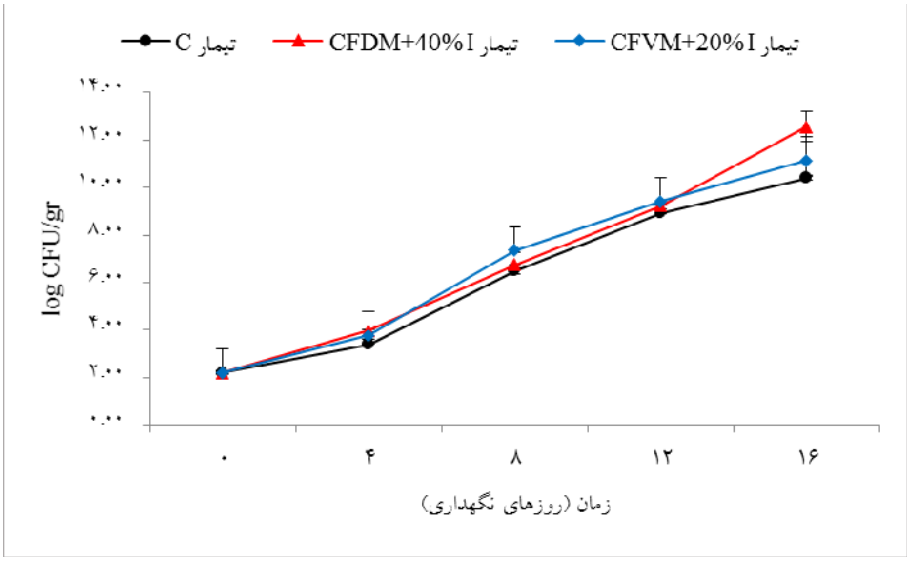
شاخص‌های میکروبی

همان‌طورکه در شکل ۷ مشاهده می‌شود، با گذشت زمان شمار باکتری‌های مزوفیل هوازی (باکتری‌های کل) در تمامی تیمارها به‌طور معناداری نسبت به ابتدای دوره افزایش یافت ($p \leq ۰/۰۵$). بر این اساس شمار باکتری‌های مزوفیل هوازی از log CFU/gr ۲/٤٦ ±۰/۰۸ به مقادیر ۱۰/٦۷ ±۰/۱٦ در تیمار C، ۱۱/۱٦ ±۰/٦۷ در تیمار CFDM +40 درصدI و log CFU/gr ۰/۵۳ ± ۱۲ /٦٦ در تیمار CFVM+ 20 درصدI افزایش یافت.



شکل ۷ تغییرات شمار باکتری‌های کل (مزوفیل هوازی) بر حسب log/CFU gr در تیمارهای مختلف طی ١٦ روز نگهداری در شرایط یخچال (۲±٤ درجه سانتی‌گراد)، نقاط مشخص شده نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند.

نتایج مربوط به شمار باکتری‌های سرمادوست در شکل ٨ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، با گذشت زمان شمار باکتری‌های سرمادوست در تمامی تیمارها به‌طور معناداری افزایش یافت (p≤٠/٠٥). بر این اساس شمار باکتری‌های سرمادوست در ابتدای دوره log CFU/gr ٠/٠٨± ٢/١٩ بود که در انتهای دوره به مقادیر ٠/٣٩ ± ١٠/٢١ در تیمار C، ٠/٦٤ ± ١٢/٥٧ در تیمار CFDM+40 درصدI و log CFU/gr ٠/٦٤± ١١/١٤ در تیمار CFVM + 20 درصد I افزایش یافت.



شکل ٨ تغییرات شمار باکتری‌های سرمادوست بر حسب log/CFU gr در تیمارهای مختلف طی ١٦ روز نگهداری در شرایط یخچال (٢±٤ درجه سانتی‌گراد)، نقاط مشخص شده نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای استاندارد می‌باشند.

بحث

میزان فروکتان

اینولین نوع فروکتان نظیر فروکتواولیگوساکاریدها، اینولین و اولیگوساکاریدها به‌عنوان محرک رشد بیفیدوباکترها (Buddington et al, 1996) و دیگر باکتری‌های مفید شناخته می‌شوند که منجر به اثر پری‌بیوتیکی در انسان می‌گردند (Boujink etal, 1999; Harmsen et al, 2002). فروکتان دارای اینولین با حلالیت بالا و اولیگوفروکتوز همراه با اثرهایی در کشت مدفوع منجر به افزایش در شمار بیفیدوباکترها و لاکتوباسیلوس‌ها می‌شوند (Pompei et al, 2008). میزان فروکتان در مطالعه حاضر در دو تیمار CFDM+40 درصدI و CFVM+ 20 درصدI با توجه میزان جذب پوشش بر سطح فیله و درصد مشخص اینولین در ترکیب محلول پوششی به‌ترتیب حاوی ٢/٣ و ٠/٤٨ درصد وزن فیله اینولین در ترکیب خود بودند، اما میزان فروکتان سنجش شده به‌ترتیب ١/٤١ و ١/٢٥ گرم در گرم ماده خشک بود. طی نگهداری فیله پوشش داده شده در شرایط یخچال (٤^0c) مقدار فروکتان در انتهای دوره نگهداری در تیمار CFDM+40 درصد I اگرچه افزایش یافت، ولی نسبت به ابتدای دوره تغییر معناداری را نشان نداد (p≥٠/٠٥). در تیمار CFVM+ 20 درصد I در انتهای دوره مقدار فروکتان نسبت به ابتدای دوره کاهش یافت، ولی این

ختلاف معنادار نبود (p≥۰/۰۵). با توجه به این‌که دمای بالا و pH پایین می‌تواند منجر به هیدرولیز اینولین گردد (Huebner et al, 2008) و هر دو عامل ذکر شده طی نگهداری فیله پوشش داده شده با آلژینات حاوی اینولین رخ نداد، به‌طوری‌که با توجه به دمای نگهداری نمونه‌ها ٤±٣^{0}c بود و pH نمونه‌ها طی دوره نگهداری شرایط برای تخریب و هیدرولیز فروکتان محیا نبود و براساس نتایج به‌دست آمده فروکتان موجود در فراورده کمتر در معرض تخریب قرار گرفت. در مطالعه Rueangwatcharin و Wichienchot (۲۰۱۵) که اینولین در سطوح ۳، ۵ و ۷ درصد وزنی/وزنی در کنسرو تن و انواع سالاد تن (تن در مایونز، تن در سالاد خامه در بسته‌های قابل استریل) افزوده شده بود، اعمال فرایند حرارتی موجب کاهش ۲۰ درصد اینولین در فراورده شد. علاوه بر این طی نگهداری کنسرو در دمای محیط، کاهش اینولین طی ٦ ماه کم و به‌صورت تدریجی بود. همچنین گزارش شده است که فروکتواولیگوساکاریدهای دارای درجه پلیمریزاسیون بالاتر بهتر از فورکتواولیگوساکاریدهای دارای درجه پلیمیرزاسیون کمتر در دمای ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد هیدرولیز می‌شوند.

شاخص‌های شیمیایی

سطح pH در فیله ماهی تازه تقریباً خنثی است، اما در دوره جمود نعشی تجزیه ترکیبات نیتروژنی منجر به افزایش pH شده که بر کیفیت محصول طی نگهداری اثر می‌گذارد؛ به‌ویژه بر ویژگی‌های حسی نظیر بو، رنگ و بافت اثری منفی و نامطلوبی می‌گذارد (Abbas et al 2009). در تحقیق حاضر میزان pH در تمامی تیمارها طی نگهداری در دمای ٤±٢ درجه سانتی‌گراد روند افزایشی را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که میزان اولیه ٦/٣١±٠/٠٤٦ بود که در انتهای دوره برای تیمارهای مختلف در دامنه ٦/٧٥±٠/٠١٣ تا ٧/١٢±٠/١٤ قرار داشت. افزایش در مقدار pH می‌تواند به‌دلیل افزایش در تولید بازهای فرار و علاوه بر آن فعالیت آنزیم‌های میکروبی یا آنزیم‌های داخلی باشد. تغییرات pH در نمونه‌ها تا حد زیادی منطبق بر تغییرات سایر شاخص‌های کیفی همچون مجموع بازهای نیتروژنی فرار و شمار باکتری‌های مزوفیل هوازی است.

هیدروپراکسید محصول اولیه اکسیداسیون چربی‌ها و اسیدهای چرب چند غیراشباع است به همین دلیل اکسیداسیون اولیه چربی با استفاده از اندازه‌گیری میزان پراکسید ارزیابی می‌شود (Lin and Lin,2005). در مطالعه حاضر روند تغییرات پراکساید در تمامی تیمارها به گونه‌ای بود که تا روز هشتم به‌طور معناداری افزایش یافت (p≤۰/۰۵) و سپس تا انتهای دوره به‌طور معناداری کاهش یافت (p≤۰/۰۵). کاهش مقدار پراکساید در انتهای دوره نگهداری را می‌توان به تجزیه آن به محصولات ثانویه نظیر آلدئیدها و یا واکنش آن با پروتئین‌های عضله نسبت داد (Jeon et al. 2002; Jongjareonrak et al, 2008). کاهش میزان پراکساید طی نگهداری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در شرایط یخچال (٤^{0}c) به دلایل ذکر شده در برخی مطالعات گزارش شده است از جمله پوشش دادن فیله‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با پوشش دو لایه کیتوزان – ژلاتین در تحقیق Nowzari و همکاران (۲۰۱۳) و پوشش دادن فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با پوشش ژلاتین (Taghizadeh andevari and Rezaei, 2010).

تیوباربیتوریک اسید (TBA) به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان شاخصی برای تعیین محصولات ثانویه اکسیداسیون چربی استفاده می‌شود (Jeon et al . 2002). در مطالعه حاضر با گذشت زمان نگهداری نمونه‌ها مقدار تیوباربیتوریک اسید در تمامی تیمارها به‌طور معناداری افزایش یافت (p≤۰/۰۵). افزایش در مقدار TBA ممکن است به آب‌زدایی جزئی

ماهی و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع نسبت داده شود (Song et al. 2011). نتایج این مطالعه با نتایج سایر محققان که اثر پوشش‌های زیست تخریب‌پذیر را بر ماندگاری فیله ماهی بررسی کرده‌اند، مطابقت دارد (Raeisi et al, 2014; Hamzeh and Rezaei, 2012; Nowzari et al, 2013). در مطالعات مذکور افزایش در میزان تیوباربیتوریک اسید طی نگهداری فیله‌های ماهی پوشش داده شده با پوشش‌های زیست تخریب‌پذیر گزارش شده است. پوشش آلژینات سدیم حاوی سطوح مختلف اینولین به‌کار رفته در تحقیق حاضر نتوانست به‌طور محسوس از افزایش تیوباربیتوریک اسید ممانعت به‌عمل آورد. مقدار ١ میلی‌گرم مالونوآلدئید در کیلوگرم ماهی معمولاً به‌عنوان محدوده قابل قبول شاخص TBA در نظر گرفته می‌شود (Gill, 1990). بر این اساس در بین تیمارهای بررسی شده در تحقیق حاضر، تمامی تیمارها در روز دوازدهم از حد مجاز تیوباربیتوریک اسید تجاوز کردند. با توجه به ماهیت اینولین که اصولاً ترکیب است که ویژگی آنتی‌اکسیدانی ندارد و نوعی مکمل غذایی است، در تحقیق حاضر انتظار نمی‌رفت که بتواند فساد اکسیداسیونی را به تأخیر بیاندازد. تولید مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) یکی از مهم‌ترین دلایل فساد در گوشت ماهی است. طی نگهداری گوشت ماهی فعالیت برخی سویه باکتری پروتئولیتیک منجر به تجزیه ترکیبات نیتروژنی غیرپروتئینی و پروتئینی می‌شود. تجمع مجموع بازهای نیتروژنی فرار دارای اثر نامطلوب بر ویژگی‌های حسی گوشت ماهی به‌ویژه بر بوی فراورده‌های شیلاتی می‌باشد (Raeisi etal, 2014). در مطالعه حاضر با گذشت زمان نگهداری مقدار مجموع بازهای نیتروژنی فرار به‌طور معناداری افزایش یافت ($p\leq ٠/٠٥$). مقدار ٢٥ میلی‌گرم نیتروژن در ١٠٠ گرم به‌عنوان بیشترین مقدار قابل پذیرش مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) در ماهی پیشنهاد شده است (Kilincceker et al,2009; Ojagh et al.2010). در مطالعه حاضر مجموع بازهای نیتروژنی فرار تا روز ١٢ نگهداری در تمامی تیمارها کمتر از آستانه قابل پذیرش بود، اما در انتهای دوره نگهداری در تمامی تیمارها مقدار مجموع بازهای نیتروژنی فرار از حد مجاز تجاوز کرد که نشان‌دهندهٔ فساد نمونه‌ها در پایان دوره از این منظر بود. در واقع نتایج عدم تأثیر پوشش آلژینات سدیم حاوی اینولین در بازدارندگی مؤثر از افزایش مجموع بازهای نیتروژنی فرار را نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از ماهیت اینولین باشد، به‌طوری‌که این پلی‌ساکارید اصولاً خاصیت نگهدارندگی ندارد و نوعی مکمل غذایی محسوب می‌شود.

شاخص‌های میکروبی

ماهیان در آب زندگی می‌کنند و در نتیجه دارای شمار زیادی از میکروارگانیسم‌ها در سطح بدن خود می‌باشند که تعداد و تنوع آن به شرایط و دمای آب بستگی دارد. شمار باکتری در ماهیان آب شیرین در منابع مختلف به‌طور گسترده‌ای متغیر گزارش شده است که بین ٢ تا ٦ log_{10} CFU/g شده است (Austin,2006). در مطالعه حاضر، شمار اولیه باکتری‌های هوازی مزوفیل log_{10} CFU/g ٠/٠٩ ±٢/٤٧ بود و در تمامی تیمارها همراه با گذشت زمان به‌طور معنادار افزایش یافت ($p\leq ٠/٠٥$). حداکثر مقدار قابل پذیرش شمار باکتری‌های هوازی مزوفیل در ماهی خام ٧ log_{10} CFU/g گزارش شده است (Sallam, 2007). بر همین اساس در روز ١٢ دوره نگهداری تمامی تیمارها از حد مجاز ذکر شده تجاوز کرد. باکتری‌های سرمادوست گروه اصلی میکروارگانیسم‌های مسئول و مسبب فساد هوازی در غذاهای دریایی تازه نگهداری شده در یخچال می‌باشند (Cai etal. 2015) حداکثر شمار قابل پذیرش در مورد باکتری‌های سرمادوست در ماهی خام ٦ log/CFU gr

گزارش شده است (Erkan, 2007). بر همین اساس شمار باکتری‌های سرمادوست در تمامی تیمارهای بررسی شده در روز ۱۲ دوره نگهداری، از میزان ذکر شده تجاوز کردند. براساس نتایج آنالیز میکروبی شمار باکتری‌های هوازی مزوفیل و سرمادوست در تمامی تیمارها در روز ۱۲ دوره نگهداری از میزان مجاز توصیه شده برای گوشت ماهی تجاوز کرده و نمونه‌های موردنظر از این لحاظ غیر قابل پذیرش بوده و در واقع دچار فساد میکروبی شده بودند. فساد میکروبی رخ داده در نمونه‌های پوشش داده شده با آلژینات سدیم حاوی اینولین می‌تواند ناشی از مصرف پوشش خوراکی آلژینات سدیم حاوی اینولین به‌وسیلهٔ باکتری‌ها باشد. عمل کردن پوشش آلژینات سدیم به‌عنوان سدی در برابر نفوذ اکسیژن و ممانعت از رشد باکتری‌های مزوفیل هوازی در مطالعات محققان دیگر گزارش شده است (Hamzeh and Rezaei, 2012; Cai et al, 2015). در مطالعه حاضر پوشش آلژینات سدیم حاوی اینولین نتوانست چنین نقش مشابهی را ایفا کند که می‌تواند به حضور اینولین در سطوح بالا در پوشش نسبت داده شود که احتمالاً موجب تخریب ساختار پوشش شده است.

نتیجه‌گیری

هرچند افزودن ترکیب پری‌بیوتیک اینولین اصولاً برای تولید فراورده‌هایی با پتانسیل ایجاد اثر پری‌بیوتیکی در مصرف‌کننده نهایی می‌باشد، اما در عین حال بررسی هر گونه تأثیر این ترکیب بر کیفیت نمونه‌های فیله ماهی و در طی دوره نگهداری جای تحقیق و تأمل می‌باشد به‌ویژه این‌که حضور پری‌بیوتیک اینولین در ترکیب پوشش خوراکی با غنی کردن از لحاظ مواد مغذی می‌توانست تسریع در فساد میکروبی نمونه‌های تیمار شده را نسبت به نمونه شاهد محتمل کند. از سویی دیگر، حضور اینولین در ترکیب پوشش می‌تواند سبب تخریب ساختار فیزیکی پوشش شکل گرفته بر سطح فیله شده و همین امر سبب تسریع در فساد اکسیداسیونی فیله پوشش داده شده گردید. براساس نتایج به‌دست آمده کیفیت فیله پوشش داده شده با پوشش خوراکی حاوی اینولین از لحاظ میکروبی تا روز هشتم قابل قبول بود (کمتر از ٦$\log_{10}$ CFU/g). علاوه بر این از لحاظ شاخص‌های شیمیایی نیز تا روز دوازدهم فیله‌های پوشش داده شده با پوشش خوراکی حاوی اینولین توانستند کیفیت خود را حفظ کنند. در مجموع فیله‌های پوشش داده شده به هر دو روش غوطه‌وری و اشباع تحت خلأ براساس نتایج به‌دست آمده از تغییرات شیمیایی و میکروبی کمتر از ۱۲ روز در یخچال ($٤\pm٢^{0}c$)، کیفیت خوراکی خود را حفظ می‌کنند و می‌توانند به‌عنوان فراورده‌ای حاوی پری‌بیوتیک اینولین مصرف شوند. همچنین درخصوص مقایسه دو روش پوشش‌دهی براساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که حداکثر میزان فروکتان در روش غوطه‌وری، در پوشش حاوی ٤٠ درصد اینولین به‌دست آمد که تنها اندکی بیش از میزان فروکتان در نمونه‌های با پوشش حاوی ۲۰ درصد اینولین در روش اشباع تحت خلأ بود. این نتیجه نشان‌دهندهٔ کارایی بالای روش اشباع تحت خلأ در انتقال اینولین به فیله ماهی است که می‌تواند از جنبه اقتصادی نیز مورد توجه قرار گیرد. به‌طوری‌که در روش اشباع تحت خلأ با پوشش حاوی اینولین کمتر نسبت به پوشش به‌کار رفته در روش غوطه‌وری می‌توان میزان اینولین یکسانی را به فیله منتقل کرد.

منابع

اجاق، س.م، سال ؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟. تأثیر استفاده از پوشش نگهدارنده کیتوزان غنی شده با اسانس دارچین بر کیفیت و ماندگاری فیله سرد شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

(*Oncorhynchus mykiss*). پایان‌نامه دکتری تخصصی منابع طبیعی – شیلات، دانشگاه تربیت مدرس، ۹۸ ص.

Abbas, K. A. Saleh, A. M. Mohamed, A., Lasekan, O. 2009. The relationship between water activity and fish spoilage during cold storage: a review. Journal of Food Agriculture and Environment, 7 (3-4): 86-90.

Al-Sherajia, S.H., Ismaila, A., Manapb, M.Y., Mustafa, S., Yusofa, R.M., & Hassana, F.A. 2013. Prebiotics as functional foods: A Review .Journal of Functional Foods, 5(4): 1542 – 1553.

Austin, B. 2006. The bacterial microflora of fi sh. The Scientific World Journal, 6(11): 931-945.

Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D., & Fito, P. 2011. Functional foods development: Trends and technologies. Trends in Food Science and Technology, 22(9): 498-508.

Bigliardi, B., & Galati, F. 2013. Innovation trends in the food industry: The case of Functional foods. Trends in Food Science and Technology, 31(2): 118-129.

Bligh E. G., Dyer W.J., 1959: A rapid method of total lipid extraction and purification.Canadian.

Borderias, A.J & Perez-Mateos, M. 2013. Fibre-enriched seafood.P.348-368. Jan A. Delcour and Kaisapoutanen (Ed) Fibre-rich and wholegrain foods. Woodhed publishing.

Bouhnik, Y., Vahedi, K., Achour, L., Attar, A., Salfati, J., Pochart, P., Marteau, P., Flourie, B., Bornet, F., Rambaund, J.C 1999. Short-chain fructooligosaccharide administration dose-de pendently increases faecal bifidobacteria in healthy humans. Journal Nutrition 129:113–116.

Buddington, R.K., Williams, C.H., Witherly, S.A 1996. Dietary supplement of neosugar Alters the faecal flora and decreases activities of some reductive enzymes in human subjects. The American Journal of Clinical Nutrition. 63:709–716.

Cai, L., Cao, A., Bai, F., Li, J. 2015. Effect of ε -polylysine in combination with alginate coating treatment on physicochemical and microbial characteristic s of Japanese sea bass (Lateolabrax japonicas) during refrigerated storage. LWT - Food Science and Technology 62: 1053-1059.

Careche, M., et al. 2008. Fibre-enriched seafood.P.331-362. Torrger Borresen (ed) Improving seafood products for the consumer. Woodhead Publishing Limited.

Chiralt, A., Fito, P., Barat, J. M., Andre s, A., Gonzalez-Martınez, C., Escriche, I., & Camacho, M.M. 2001. Use of vacuum impregnation in food salting process. Journal of Food Engineering, 49, 141–151.

Concha-Meyer A., R.Schobitz, C.Brito and R.Fuentes. 2011. Lactic acid bacteria in alginate film inhibit Listeria monocytogenes growth on smoked salmon. Food Control, 22(3-4):485-489.

Duan J., Cherian G., Zhao Y., 2010. Quality enhancement in fresh and frozen lingcod (Ophiodon elongates) fillets by employment of fish oil incorporated chitosan coating. Food chemistry 119:524-532.

Egan H., Kirk R. S; and Sawyer R., 1997. Pearsons Chemical Analysis of Food. 9th Edn. Longman Scientific and Technical, 609-634.

Erkan, N. 2007. Freshness and quality of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus iabrax*) and sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. Journal of Food Safety and Food Quality. 58: 8 -106.

Falguera, V., Quintero, J. P., Jimenez, A., Munoz, J. A., & Ibarz, A., 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use .Trends in Food Science and Technology, 22(6): 295–303.

Gill, T. A. 1990. Objective analysis of seafood quality. Food Reviews International, 6,681 -714.

Hamzeh, A and M. Rezaei 2012. The Effects of Sodium Alginate on Quality of Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) Fillets Stored at 4 ± 2°C, Journal of Aquatic Food Product Technology, 21(1) 14-21.

Harmsen, H.J.M., Raangs, G.C., He, T., Dgener, J.E., Welling, G.W 2002. Extensive set of 16S rRNA-based probes for detection of bacteriain human feces. Applied Environmental Microbiology. 68:2982–2990.

Pompei, A., Cordisco, L., Raimondi, S., Amaretti, A., Pagnoni, U.M., Matteuzzi,D., Rossi, M. 2008. In vitro comparison of the prebiotic effects of two inulin-type fructans. Anaerobe 14:280–286.

Quigley, M. E., Hudson, G. J., & Englyst, H. N. 1999. Determination of resistant short-chain carbohydrates (non-digestible oligosaccharides) using gas-liquid chromatography. Food Chemistry, 65(3): 381–390.

Raeisi, M., Tajik, H., Aliakbarlu, J., Valipour, S. 2014. Effect of carboxymethyl cellulose edible coating containing Zataria multiflora essential oil and grape seed extract on chemical attributes of rainbow trout meat. Veterinary Research Forum. 5 (2): 89 – 93.

Roble, C., Brunton, N., Gormley, R.T., Wouters, R. & Butler, F. 2011. Alginate coating as carrier of oligofructose and inulin and to maintain the quality of fresh-cut apples. Journal of Food Science, 76(1): 19-29.

Siang, N.C. & Kim, L.L. 1992. Determination of Trimethylamine Oxide, Trimethylamine and Total Volatile Basic Nitrogen by Conway's Micro-Diffusion Method. In: Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fisheries Products (Miwa and Ji, Eds.) Southeast Asia Fisheries Development Center. B3.1-B 3.6.

Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., Luo, Y. 2011. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (Megalobrama amblycephala). Food Control 22: 608–615.

Taghizadeh Andevari, G., Rezaei, M. 2010. Effect of gelatin coatings on chemical, microbial and sensory properties of refrigerated rainbow trout fillet (Oncorhynchus mykiss). JFST. 37(9)67-76.

Urala, N., & Lahteenmaki, L. 2007. Consumers changing attitudes towards functional foods. Food Quality and Preference, 18: 1–12.

Vargas, M., Chiralt, A., Albors, A., Gonzalez-Martinez, C. 2009. Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. Journal of Postharvest Biology and Technology, 51: 263-271.

Wichienchot, S., Rueangwatcharin, U. 2015. Development of functional canned and pouched tuna productsadded inulin for commercial production. Journal food science thecnology. 52(8): 5093-5101.

Hosseini Nezhad, M., Nahardani, M., Elhami Rad, A.H. 2012. Characterization of inulin extract from Iranian native chicory in comparison with some other sources. Journal RIFST. 1 (1): 39-46.

Huebner, J., Wehling R.L., Parkhurst, A., Hutkins, R.W. 2008. Effect of processing conditions on the prebiotics activity of commercial prebiotics. International Dairy Journal. 18:287–293.

Ibrahim Sallam K. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. J Food Control. 18: 566-75.

Jeon, C. O., Kamil, Y. V. A., Shahidi, F. 2002. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 5167–5178.

Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., Tanaka, M. 2008. Antioxidative activity and properties of fish skin gelatin films incorporated with BHT and a-tocopherol. Food Hydrocolloids, 22: 449–458.

Kilincceker, O., Dogan, I. S., Kucukoner, E. 2009. Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets. LWT – Food Science and Technology, 42: 868–873.

Lin, C. C. and Lin, C. S. 2005: Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillet by glazing with tea extracts. Food Chem. 16(2):169-175.

Natseba, A., Lwalinda, I., Kakura, E., Muyanja, C. K. and Muyonga, J. H., 2005: Effect of pre-freezing icing duration on quality changes in frozen Nile perch (*Lates niloticus).* Food Research International, 38: 469-474.

Nowzari, F., Shabanpour, B., & Ojagh, S.M. 2013. Comparison of chitosan–gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chemistry, 141(3): 1667–1672.

Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini S.M.H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. J Food Chemistry. 120: 193-8.

Fisheries Science & Technology
TMU
Scientific - Research Journal Vol. 6, No. 2, Summer 2017

Shelflife Determination of rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* fillet coated with sodium alginate containing inulin prebiotic during refrigerate condition storage (4^0C)

[1]Behrooz Mohammadzadeh, [*2]Masoud Rezai, [3]Marzieh Hossini Nezhad, [4]Mohsen Barzegar

1- PhD Student, Department Seafood Processing, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modres University, Iran
2- Professor, Department Seafood Processing, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modres University, Iran
3- Assistant Professor, Khorasan Research Institute for Food Science and Technology, Mashhad, Iran
4- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modres University, Iran

Received: 08.07.2016 Accepted: 06.07.95
*Corresponding author: rezai_ma@modares.ac.ir

Abstract:
For quality assessment of coated fish fillet with sodium alginate containing inulin, fish fillet were coated with sodium alginate containing 10, 20, 30 and 40 percent inulin using two methods, including dipping and vacuum impregnation. Then fructan were determinate in coated samples. The samples including 20 and 40% inulin in vacuum impregnation and dipping respectively were selected for further study based on their higher fructan content. Therefore, the chemical and microbial changes of selected samples were investigated during 16 days, with 4 days interval in refrigerated condition (4^0C). Results showed that the fructan content had not changed significantly ($p\geq0/05$) during the storage period. Peroxide in the middle of storage period was increased and then decreased significantly ($p\geq0/05$) by the end of storage time. Quality indexes such as pH, thiobarbitoric acid (TBA), total volatile basic nitrogen (TVB-N), total plate count bacteria, psychotropic bacteria and peroxide increased significantly ($p\geq0/05$) along time. In all of the samples, TBA at the end of 12 day storage, TVB-N at the end of 16 day storage, anaerobic bacteria count and pseudomonas bacteria count at the end of 12 day storage were more than acceptable limit of fresh fish. In the conclusion, fructan of coated fish fillet had not changed significantly during refrigerated storage, as well as shelf life of coated fish fillet by dipping and vacuum impregnation in refrigerated condition storage (4^0C) was less than 12 days.

Key words: Fillet, Inulin, Coating method, Shelf life