ارزیابی به‌کارگیری ازن بر افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد

- **سحر جاسبی**: گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم وفنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **امیراقبال خواجه‌رحیمی***: گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم وفنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **مهدی نیکخواه**: گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم وفنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی به‌کارگیری ازن بر افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ٤ نمونه ماهی قزل‌آلا تازه (۱ تیمار شاهد و ۳ تیمار گاز ازن در زمان‌های ۵ ، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) با وزن متوسط ۳۰۰ گرم تهیه شده و بلافاصله بعد از شستشو با آب معمولی، فیله شدند و بعد از طی قرار گرفتن تحت تیمار ازن توسط دستگاه ازنایزر (توان ۱۳ وات، ظرفیت ۲۰۰ میلی‌گرم در ساعت)، به‌صورت مجزا بسته‌بندی و زیپ شده و در یخچال قرار گرفتند و پس از گذراندن ۳ روز در این شرایط تمامی نمونه‌ها را در کیف یخ (با حفظ شرایط سرما برای نمونه‌ها) به سرعت به آزمایشگاه منتقل وخصوصیات میکروبی و شیمیایی و حسی آن در مقایسه با نمونه تیمار نشده مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج به‌دست آمده با برنامه آماری Spss مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (برای هر تیمار ۳ تکرار درنظر گرفته شد). نتایج حاصل نشان داد که با گذشت زمان (در روزهای ۳، ٦ و ۹) تیمارهای ۱، ۲ و ۳ نسبت به تیمار شاهد در فاکتورهای ظرفیت نگه‌داری آب و بافت (قابلیت‌های: جویدن، انسجام، سختی و ارتجاعی) کاهش داشته و در فاکتورهای تعیین بار میکروبی، سنجش مجموع بازهای نیتروزنی فرار، تیوباربیتوریک اسید، شمارش سودوموناس، آنالیز رنگی نور و طیف زرد و آبی افزایش داشته و هم‌چنین در ارزیابی حسی با روش هدونیک تیمارهای روز ۳ نسبت به تیمار سایر روزها بیش‌تر مورد مقبولیت قرار گرفت.

کلمات کلیدی: ازن، فساد، زمان ماندگاری، قزل‌آلای رنگین‌کمان

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: khajehrahimi@yahoo.com

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017

مقدمه

استفاده از ازن در فرآوری مواد غذایی مختلف مبنای تحقیقات و مطالعات متعددی بوده است به‌عنوان مثال در یک مطالعه تاثیر غلظت‌های مختلف گاز ازن درحفظ تازگی و کیفیت میکروبی تخم‌مرغ در طی دوره ذخیره‌سازی مورد بررسی قرار گرفت و تاثیر قابل توجه ازن بر کاهش جمعیت میکروبی کل شامل باکتری‌ها، مخمرها، کپک‌ها و هم‌چنین باکتری‌های بیماری‌زایی مثل *استافیلو کوکوس اورئوس* مورد تاکید قرار گرفت. براساس نتایج یک مطالعه دیگر استفاده از تیمار ازن در میگو قبل از انجماد و بسته‌بندی، در کاهش و غیرفعال‌سازی جمعیت میکروارگانیسم‌های هوازی و افزایش کیفیت میکروبی میگو موثر است (Selma، ۲۰۰۸). کاربرد ازن در صنایع تولید گوشت و فرآورده‌های گوشتی باعث کاهش جمعیت میکروبی و تاخیر در فاز لگاریتمی میکروارگانیسم‌های مولد فساد و حذف بوهای نامطلوب و افزایش زمان ماندگاری این محصولات در حین ذخیره‌سازی می‌شود هم‌چنین براساس برخی از نتایج مطالعات انجام شده، تغذیه ماهیان با آب ازن‌دار موجب افزایش کیفیت میکروبی و بهبود رنگ گوشت آن‌ها می‌شود (Aguayo و همکاران، ۲۰۰۶). از ازن به‌عنوان جایگزین کلر برای جلوگیری از فساد و رشد باکترهای بیماری در محصولات دریایی نیز استفاده می‌شود. اغلب برای محصولات دریایی از روش غوطه‌وری در ازن استفاده می‌شود. براساس یک تحقیق اسپری ازن با غلظت ۳/۵ میلی‌گرم در لیتر در از بین بردن اغلب باکتری‌های مولد فساد بسیار موثر بوده و تاثیری بر کیفیت شیمیایی محصولات دریایی نخواهد داشت(Seydim و همکاران،۲۰۰۴).در یک مطالعه دیگر Chytiri و همکاران (۲۰۰۴) تاثیر اسپری ازن بر اصلاح کیفیت میکروبی و شیمیایی فیله ماهی سالمون را در شرایط سردخانه مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کاربرد ازن با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر، ضمن کاهش قابل‌توجه در جمعیت میکروبی لیستریا، باعث تاثیر منفی بر اکسیداسیون لیپیدها نشده است. میان و همکاران (۱۳۹۴) اثر یخ ازن‌دار بر ماندگاری عضله ماهی طلال را مورد بررسی قرار دادند و گزارش دادند که نمونه‌های تیمارشده نسبت به شاهد، دارای pH، بازهای نیتروژنی فرار و تری‌متیل‌آمینی کم‌تری بوده‌و در عین‌حال مقدار جمعیت کل میکروبی و جمعیت باکتری‌های سرماگرا نیز در ماهی‌های تیمار شده با یخ ازن دار به مراتب کم‌تر نمونه‌های تیمار نشده بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: ۴ نمونه ماهی قزل‌آلا (یک تیمارشاهدو سه تیمار گاز ازن در زمان‌های ۵ ، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) با وزن متوسط ۳۰۰ گرم که تا حد ممکن تازه باشد از مراکز فروش و محصولات دریایی تهیه شده و هرکدام بلافاصله پس از وزن کردن ماهی، سر و باله‌ها جدا و شکم ماهی خالی گردید و با آب معمولی شسته شده‌و به‌صورت پروانه‌ای فیله شدند در ادامه در یک پلاستیک فریزر گذاشته شد و در شرایط سرد به محل تزریق ازن منتقل شد و بعد از طی قرار گرفتن تحت تیمار ازن توسط دستگاه ازنایزر (توان ۱۳ وات، ظرفیت ۲۰۰ میلی‌گرم در ساعت)، به‌صورت مجزا بسته‌بندی و زیپ شدن بسته‌های پلاستیک در یخچال قرار گرفت و پس از گذراندن ۳ روز در این شرایط تمامی نمونه‌ها را در کیف یخ (حفظ شرایط سرما برای نمونه‌ها) به‌سرعت به آزمایشگاه منتقل شد.

تیمار با محلول ازن: نمونه‌های فیله ماهی بر حسب زمان‌های مختلف تحت تیمار با ازن تولید شده توسط یک دستگاه ازنایزر (ازن ساز) قرار گرفت و خصوصیات میکروبی و شیمیایی و حسی آن در مقایسه با نمونه تیمار نشده مورد مقایسه قرار گرفت (برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد).

آزمون‌های شیمیایی: آزمون‌های شیمیایی بر روی نمونه‌های تهیه شده به‌شرح ذیل انجام شد:

تعیین ترکیب تقریبی فیله‌ماهی: جهت تعیین ترکیب تقریبی فیله ماهی، ابتدا کل فیله با استفاده از دستگاه خردکن ، چرخ شده و کاملاً همگن شد. برای تعیین خاکستر از کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، برای تعیین رطوبت از روش خشک کردن در آون برای اندازه‌گیری پروتئین کل از روش کلدال و برای سنجش چربی نیز از روش سوکسله استفاده شد. این آزمایش فقط در روز صفر برای نمونه شاهد به‌منظور مشخص شدن ترکیب تقریبی ماهی‌ها انجام شد. مابقی آزمایشات شیمیایی، میکروبی و حسی در روزهای ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ بر روی نمونه‌های شاهد و تیمارشده صورت‌پذیرفت(AOAC، ۱۹۹۵).

اندازه‌گیری درصد خاکستر: ابتدا نمونه و بوته چینی یا کروزه خالی را به‌طور جداگانه توزیع شد و ارقام به‌دست آمده یادداشت گردید. حدود ۲ گرم نمونه را برداشته(از ماده خشک) و آن‌را داخل بوته‌چینی ریخته و آن‌ها را درون کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از مدت ۶-۵ ساعت نمونه و ظرف را خارج کرده و در شرایطی قرار داده تا سرد شود سپس نمونه خاکستر شده و بوته را با هم وزن کرده و با استفاده از نتایج به‌دست آمده و به‌کارگیری فرمول زیر می‌توان درصد خاکستر را محاسبه نمود. درصورتی‌که در خاکستر حاصل شده، دانه‌های سیاه باقی‌مانده باشد، بایستی روی آن آب مقطر ریخته‌شود و دوباره آن‌را در کوره‌حرارت‌داد تا فقط خاکستر سفید رنگ باقی بماند. با استفاده از اسید می‌توان مانع از بین رفتن مواد فرار شد.

وزن خاکستر= وزن بوته خالی - (وزن بوته + خاکستر)

اندازه‌گیری میزان پروتئین به‌روش کلدال: شامل ۲ مرحله است: نخست مرحله هضم، ۲ گرم نمونه ماهی را به‌دقت وزن شده و در بالن

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017

ریخته و سپس ۰/۶ گرم سلنیوم را به‌همراه ۱ گرم سولفات مس و ۱۶ گرم سولفات پتاسیم به نمونه اضافه نموده و سپس ۳۵ سی‌سی اسید سولفوریک غلیظ را به نمونه اضافه شده. بالن را روی Heater گذاشته و مبرد را به بالن وصل شده سپس باید چند ساعت صبر کرد تا رنگ نمونه شفاف شود . به‌دلیل این که درمرحله هضم بخار سمی تولید می‌شود، باید زیر هود انجام شود. دوم مرحله تقطیر، به نمونه چند سی‌سی آب مقطر افزوده، سپس ۳ یا ۴ عدد سنگ جوش یا پرل و روی اضافه کرده، پنج برابر مقدار اسیدسولفوریک باید سود اضافه کرد، ولی در این آزمایش ۱/۶ سی‌سی سود افزوده شد. در یک ارلن ۶۵ سی‌سی اسیدبوریک و ۶ قطره متیل رد ریخته و سپس دستگاه تقطیر را به‌هم وصل نموده و بالن حاوی نمونه به ابتدای سه راهی وصل شده و انتهای دستگاه تقطیر در ارلن قرار گرفت. لوله آب را به ورودی مبرد وصل شده، تا جمع‌آوری ۱۶۵ تا ۵۵ سی‌سی محلول آمونیاک تقطیر شده در ارلن، عمل تقطیر را ادامه داده، سپس مبرد را شسته، مرحله تیتراسیون، محتویات ارلن را با اسیدکلریدریک N/۱ تا مشاهده تغییر رنگ تیتر کرده و مقدار اسیدمصرفی یادداشت شد (AOAC، ۲۰۰۵).

N= V×N×14×100/W×100

درصد ازت × فاکتور پروتئین = درصد مقدار پروتئین

X= N.(%pro)

اندازه گیری چربی خام به‌روش سوکسله: میزان چربی خام به‌روش سوکسله انجام گرفت. بدین منظور ۵ گرم از نمونه هموژن شده را در یک ارلن مایر قرارداده و ۳۵ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید غلیظ و ۶۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده و حرارت داده می‌شود سپس محتوی ارلن مایر را با کاغذ صافی فیلتر کرده و کاغذ صافی را آن قدر با آب داغ شستشو داده تا آب شستشو رنگ آبی کاغذ تورنسل را تغییر ندهد. پس از خشک کردن کاغذ صافی و محتویاتش در آون و سرد کردن در دسیکاتور ، آن را در کارتوش استخراج قرادادە و استخراج چربی نمونه توسط حلال اتر دوپترول با استفاده از دستگاه Soxtec انجام گرفت. در پایان بالن استخراج از دستگاه جدا گردید و باقی‌مانده حلال با استفاده از حمام آب تبخیر شد و پس از خشک کردن بالن در آون تا رسیدن به وزن ثابت و سپس سردکردن آن در دسیکاتور مقدار چربی خام نمونه تعیین می‌گردد. تفاوت میان وزن اولیه بالن و وزن ثانویه آن میزان چربی را برحسب درصد نشان می‌دهد که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (James، ۱۹۹۵):

وزن نمونه ×(۱۰۰÷[(وزن اولیه بالن)-(وزن ثانویه بالن)]=میزان چربی(درصد)

اندازه‌گیری رطوبت: ظرف مخصوص اندازه‌گیری رطوبت را مدت نیم ساعت در آون ۱۰۳±۲ درجه سانتی‌گراد گذاشته و سپس آن را در دسیکاتور تا درجه حرارت آزمایشگاه سرد شود و با دقت یک میلی‌گرم توزین شد، ۵ تا ۱۰ گرم از نمونه مورد آزمایش را به ظرف منتقل کرده و مجدداً به‌دقت یک میلی‌گرم آن‌را توزین نموده‌و به آون منتقل شد. پس از ۶ ساعت ظرف از آون خارج گردید و پس از سرد کردن در دسیکاتور آن دقیقاً توزین شد و دوباره آن‌را به‌داخل آون منتقل شد. پس از یک ربع ساعت عمل توزین را به‌نحوی که ذکر شد تکرار می‌شود، هرگاه دو وزن به‌دست آمده با هم تفاوت داشته باشند این عمل را باید تا به‌دست آمدن وزن ثابت تکرار شود. مقدار درصد رطوبت را از رابطه زیر محاسبه می‌شود (AOAC، ۲۰۰۲): ((M1-M2)×100)/M0

M0: وزن نمونه، M1: وزن ظرف و نمونه قبل از خشک کردن، M2: وزن ظرف و نمونه بعد از خشک کردن.

تعیین ظرفیت نگه‌داری آب: برای تعیین ظرفیت نگه‌داری آب نمونه‌ها به اندازه ۰/۱±۲گرم در قطعات مکعبی‌شکل برش‌داده و توزین می‌شوند (w_i) سپس بین دو کاغذ صافی قرار داده شده و در زیر یک وزنه ۱۰ کیلوگرمی به‌مدت ۵ دقیقه تحت‌فشار پرس قرارداده می‌شوند. بعد از پرس وزن آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود (w_f). ظرفیت نگه‌داری آب (WHC) توسط وزن کردن آب تراوش شده از طریق رابطه زیر تعیین می‌شود (Alvarez و همکاران، ۱۹۹۹): $WHC = \frac{Wi-Wf}{Wi} \times ۱۰۰$

سنجش مجموع بازهای نیتروژنی فرار(TVB-N): مقدار ۱۰ گرم از نمونه ماهی را همراه با ۲ گرم اکسیدمنیزیم به‌عنوان کاتالیزور و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و چند عدد پرل شیشه‌ای در داخل بالن هضم کجلدال ریخته شد و به سایر منضمات دستگاه کجلدال متصل گردید. درارلن گیرنده‌که در زیرمبرد قراردارد (به‌نحوی که انتهای مبرد داخل محلول باشد) مقدار ۲۵ میلی‌لیتر اسیدبوریک ۲ درصد و چند قطره معرف متیل اورانژ ۰/۱ درصد الکلی ریخته که در این حالت رنگ آن قرمزرنگ می‌شود. آن‌گاه بالن‌هضم را حرارت‌داده‌به‌نحوی که محتویات آن ظرف ۱۰ دقیقه به جوش آید، از زمان‌جوش ۲۵ دقیقه عمل تقطیر را ادامه داده که در این حالت آن‌چه بازهای فرار در ماهی موجود باشد تقطیر و جذب محتویات ارلن گیرنده شده، رنگ‌محلول را به رنگ آبی در خواهد آورد (به‌علت این‌که محیط قلیایی می‌گردد) سپس حرارت را قطع کرده و محلول تقطیر شده را به‌وسیله اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ قرمز تیتر می‌گردد(Gao و همکاران، ۲۰۰۹). حال با توجه به این‌که هر میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال معادل ۰/۰۰۱۴ گرم و یا ۱/۴ میلی‌گرم ازت می‌باشد مقدار بازهای فرار را بر حسب میلی‌گرم درصد از رابطه زیر محاسبه می‌کنند:

۱۰۰ ×۴/۱× مقدار مصرفی اسید ۰/۱ برای نمونه=میلی‌گرم بازهای فرار TVN

اندازه گیری شاخص تیوباربیتوریک (TBA): برای اندازه‌گیری این شاخص از روش اسپکتروفتومتری کمپلکس صورتی حاصل از واکنش یک مولکول مالون آلدهیدحاصل از تقطیر، با دو ملکول تیوباربیتوریک اسیداضافه شده به محلول حاصل از تقطیر، صورت می‌پذیرد نتایج بر اساس میلی‌گرم مالونالدهید در کیلوگرم نمونه بیان می‌شود (Kerr و همکاران، ۲۰۰۲).

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017

تعیین بار میکروبی کل: برای تعیین بار میکروبی، ۱۰ گرم از نمونه‌ها به‌همراه ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر به کیسه استریل استوماکر منتقل و سپس توسط هوموژنایزر استوماکر کاملاً همگن و هوموژن شده‌و سپس از طریق رقت‌سازی و کشت در محیط پلیت کانت آگار، بار مبکروبی نمونه‌ها تعیین می‌گردد (Ali و همکاران، ۲۰۱۲).

شمارش سودوموناس: جهت شمارش سودوموناس‌ها از محیط کشت Cephaloridine-Fucidin-Cetrimide Agar به‌روش کشت سطحی استفاده می‌شود و انکوباسیون پلیت‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت انجام می‌گیرد (Ali و همکاران، ۲۰۱۲).

ارزیابی حسی: ارزیابی حسی نمونه‌های تیمار شده براساس فاکتورهای رنگ، بو و بافت به‌روش هدونیک پنج‌نقطه‌ای انجام پذیرفت. آماده‌سازی نمونه‌ها برای تست به‌صورت زیر انجام گرفت:

برای روزهای ۰، ۳، ۶ و ۹ نمونه‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را که با محلول ازن در بازه‌های زمانی ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه تیمار شده را قطعه قطعه کرده و به‌صورت بخار پز نمونه‌ها را پخته و مورد ارزیابی حسی قرار داده شد. انجام آزمایشات حسی بر این اساس است ۱۵ فرد برای این کار انتخاب شد. ملاک انتخاب این انتخاب مصرف غذاهای دریایی از جمله ماهی بود. هنگام تست از این افراد خواسته می‌شد که قبل و بعد تست دهان خود را با آب شسته که طعم دیگری حس نکنند، سپس از هر نمونه تست کرده و با نمره پیشنهادی از ۱ تا ۵ نتیجه تست را علامت‌گذاری کنند. نمره ۵ بیش‌ترین میزان رضایت و علاقمندی و نمره ۱ کم‌ترین میزان علاقه‌مندی به استفاده از این ماهی می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری: طراحی آزمایش براساس متغیر مستقل درصد عصاره مصرفی و اندازه‌گیری متغیرهای وابسته صورت گرفت. مقایسه متغیرهای کمی با توزیع نرمال با تحلیل ANOVA یک‌طرفه در سطع معنی‌داری $p<0/05$ مورد استفاده قرار گرفت. درخصوص داده‌های با پراکنش غیرنرمال از آزمون غیرپارامتریک Kruscal-wallis استفاده‌شد. آزمون تعقیبی‌نیز برای بررسی‌وجوداختلاف بین گروه‌های مورد بررسی استفاده شد. به‌منظور تحلیل و انجام آزمون‌ها از Spss نسخه ۲۴ و برای رسم نمودارها از Excel استفاده شد.

نتایج

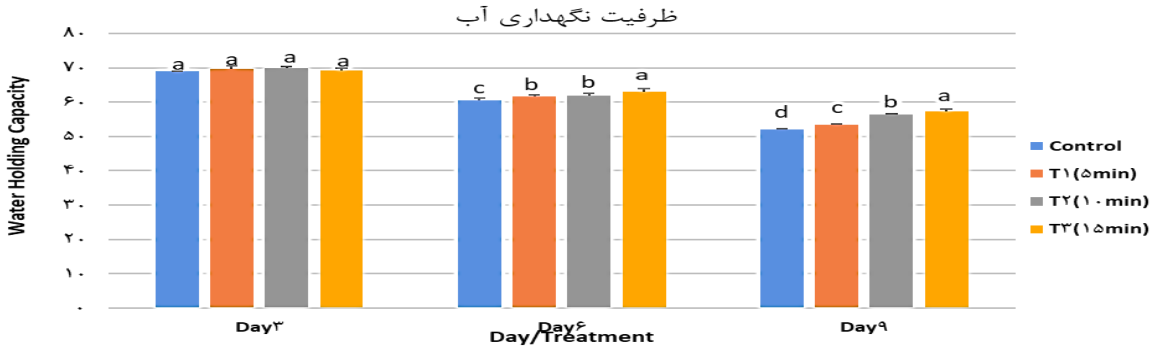
مقایسه بین نمونه های ماهی مورد آزمایش با کدهای C برای گروه شاهد، T1 شامل نمونه تحت تیمار برای ۵ دقیقه، T2 شامل نمونه‌تحت‌تیمار برای ۱۰ دقیقه‌و کد T3 شامل نمونه تحت تیمار برای ۱۵ دقیقه در معرض تیمار ازن (۲۰۰ میلی‌گرم/ساعت) قرار داشتند.

ظرفیت نگه‌داری آب (Water Holding Capacity (WHC:

درابتدا با توجه به روزهای تعیین‌شده داده‌های‌حاصل از انجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه نظر وضعیت پراکنش‌داده‌هامورد‌بررسی‌قرار گرفت‌ومشخص‌شد که‌داده‌های مربوط به فاکتور مذکور درسطح $p>0/05$ دارای توزیع‌نرمال می‌باشند. از این‌رو برای‌مقایسه‌میانگین‌هااز آنالیز واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) و آزمون تعقیبی LSD در سطح $p<0/05$ استفاده شد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس‌یک‌طرفه مشخص شد که اثر تیمار ازن در روز ۳ (آولین روز بررسی) در چهار گروه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح $p=0/242$ می‌باشد.درمقایسه تیمارها در روز ۶ مشخص می‌شود که تاثیر تیمار ازن بر نمونه‌ها سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار در ظرفیت نگه‌داری آب گردیده است به شکلی که گروه شاهد با T2 در سطح $p=0/023$، گروه شاهد با T3 در سطح $p=0/002$ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. هم‌چنین T1 و T3 سطح $p=0/037$ داراری‌اختلاف معنی‌دارمی‌باشد و سایر گروه‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار است. این بدان معنی است که تیمار ۱۰ دقیقه و ۱۵ دقیقه ازن تاثیر نسبتاً یکسانی بر تغییر WHC دارد. در روز ۹ با اجرای آنالیز واریانس یک‌طرفه برای مقایسه اثر تیمارها مشخص شد که تیمار ازن در زمان مختلف اثر معنی‌داری بر ظرفیت نگه‌داری آب فیله ها داشته است ($p<0/05$). بررسی نتایج آنالیز تعقیبی LSD نشان‌داد که‌در روز ۹ تمامی گروه‌ها از نقطه‌نظر فاکتور مورد‌بررسی‌دارای‌اختلاف معنی‌دار هستند ($p<0/05$). تفاوت در شکل ۱ نمایش داده شده است. مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی ظرفیت نگه‌داری آب از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار ($p<0/05$) کاهش داشته است.

تعیین بار میکروبی Total Count: در ابتدا با توجه به روزهای تعیین شده داده‌های حاصل از انجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه‌نظر وضعیت پراکنش داده‌ها مورد‌بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده مربوط به فاکتور مذکور با توجه به گروه زمانی اول(روز۳)در سطح $p>0/05$ دارای توزیع نرمال می‌باشد. از این‌رو برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA)و آزمون تعقیبی LSDدر سطح $p<0/05$استفاده شد. باتوجه به نتایج آزمون واریانس یک‌طرفه مشخص شدکه اثر تیمار ازن در روز ۳ درسطح چهار گروه $p=0/000$ اختلاف معنی‌دار است به شکلی که نمونه شاهد با T3,T2,T1 روز ۳ در سطح $p=0/000$ اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شودونمونه T1بانمونه T3بامقدار $p=0/000$اختلاف معنی‌دار است. هم‌چنین نمونه T2 باT3 در سطح $p=0/000$ اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود.برای‌روزهای ۶ و ۹ با توجه به نرمال نبودن توزیع‌داده‌هااز آزمون ناپارامتری Kruskal_wallisاستفاده‌شدو مشخص شد گروه‌های آزمایشی در روزهای ۶ و ۹ به تفکیک دارای اختلاف معنی‌دارهستند.تفاوت‌درشکل ۲ نمایش داده شده است.مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی میزان بار میکروبی کل از روز۳تاروز ۹صرف‌نظر‌از‌اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار ($p<0/05$)افزایش داشته است.

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017



شکل ۱: نمودار بررسی تغییرات فاکتور WHC (٪) در روزها و گروه‌های مورد بررسی

حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.

شکل ۲: نمودار بررسی تغییرات فاکتور Total Count (CFU/gr) در روزها و گروه‌های مورد بررسی

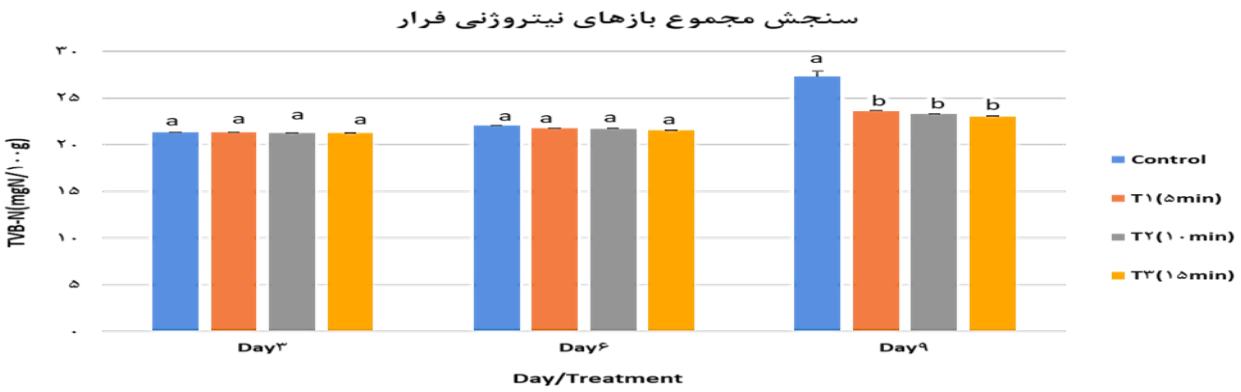
حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.

سنجش مجموع بازهای نیتروژنی فرار Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N): درابتدا با توجه به روزهای تعیین‌شده داده‌های حاصل ازانجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrove Smironov ازنقطه‌نظر پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده‌های مربوط به فاکتور مذکور با توجه به گروه زمانی اول (روز ۳) در سطح p<۰/۰۵ دارای توزیع نرمال می‌باشند، از این‌رو برای مقایسه میانگین از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون تعقیبی LSD در سطح p<۰/۰۵ استفاده شد. با توجه به نتایج آزمون واریانس یک‌طرفه مشخص شد که اثر تیمار ازن در روز ۳ در بین چهار گروه p=۰/۰۰۴ سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار است. به شکلی که‌نمونه‌شاهدبا T2 و T3 درسطح p=۰/۰۰۲ اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. برای روزهای ۶ و ۹ با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌ها از آزمون ناپارامتری Kruskal_wallis استفاده شد و محتوی TVBN در روزهای ۶، p=۰/۰۲۴ و در روز ۹، P=۰/۰۱۶ به تفکیک دارای اختلاف معنی‌دار در چهار گروه هستند. تفاوت در شکل ۳ نمایش داده شده است، مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی میزان مجموع بازهای نیتروژنی فرار از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار (p<۰/۰۵) افزایش داشته است.

بافت

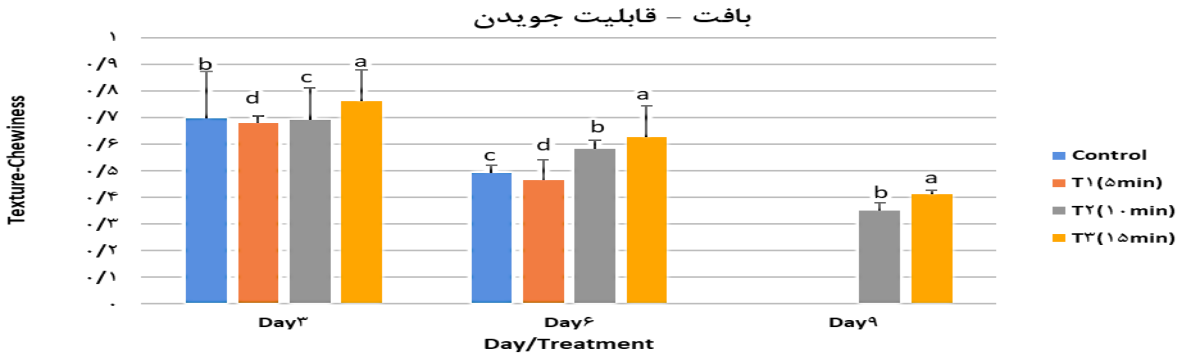
بافت–قابلیت جویدن Texture–Chewiness: در ابتدا با توجه به روزهای تعیین شده داده‌های حاصل از انجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه نظر وضعیت پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده‌های مربوط به فاکتورمذکور با توجه به گروه‌های زمانی در سطح p>۰/۰۵ دارای توزیع نرمال می‌باشد از این‌رو برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون تعقیبی LSD در سطح p<۰/۰۵ استفاده شد.لازم به ذکر است داده‌ها از آنالیز واریانس همگن (p>۰/۰۵) برخوردار بودند. با توجه به نتایج آنالیز واریانس یک طرفه مشخص شد که اثر تیمار ازن در روز ۳ فاقد اختلاف معنی‌دار p=۰/۲۰۴ می‌باشند. در مقایسه تیمارهای روز ۶ مشخص شد که تاثیر تیمار ازن برنمونه‌ها باسطح p=۰/۰۴۹ سبب ایجاداختلاف‌معنی‌دار در فاکتور Chewiness گردیده است.درمقایسه‌گروه‌تیماراول‌با تیمار سوم با میزان p=۰/۰۲۷ دارای اختلاف معنی‌دار بوده است. هم‌چنین میزان p در روز ۹ برابر است با ۰/۱۹۲ و فاقد اختلاف معنی‌دار است. تفاوت درشکل ۴ نمایش‌داده شده است، مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی‌قابلیت جویدن از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار (p<۰/۰۵) کاهش داشته است.

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017



شکل ۳: بررسی تغییرات فاکتور TVB-N (mgN/100g) در روزها و گروه‌های مورد بررسی

حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.



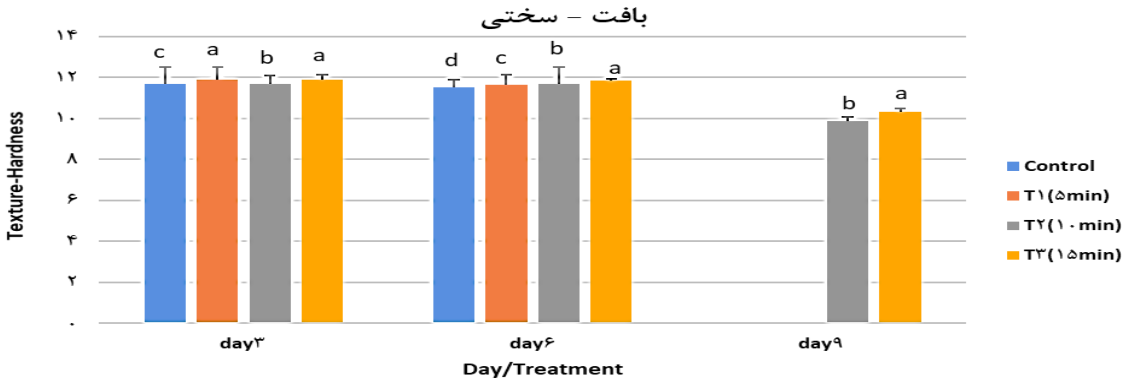
شکل ۴: نمودار بررسی تغییرات فاکتور Texture – Chewiness در روزها و گروه‌های مورد بررسی

حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.

بافت–قابلیت انسجام Texture-Cohesiiveness: در ابتدا با توجه به روزهای تعیین‌شده داده‌های حاصل از انجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه نظر وضعیت پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده‌های مربوط به فاکتور مذکور با توجه به گروه‌های زمانی در سطح p>۰/۰۵ دارای توزیع نرمال می‌باشد از این‌رو برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون تعقیبی LSD در سطح p<۰/۰۵ استفاده شد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه مشخص شد که اثر تیمار ازن در روز ۳ بین چهار گروه با سطح p=۰/۸۵۷ فاقد اختلاف معنی‌دار است. در روز ۶ بین چهار گروه فاقد اختلاف معنی‌دار است(p=۰/۵۲۹).برای روز ۹ نیز سطح p=۰/۳۰۸ فاقد اختلاف معنی‌دار است. در طول زمان نیز به‌طور کلی میزان قابلیت انسجام از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار (p<۰/۰۵) کاهش داشته است.

بافت–سختی Texture-Hardness: در ابتدا با توجه به روزهای تعیین شده داده‌های حاصل از انجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه نقطه نظر وضعیت پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده‌های مربوط به فاکتور مذکور با توجه به گروه‌های زمانی در سطح p>۰/۰۵ دارای توزیع نرمال می‌باشد از این‌رو برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی LSD در سطح p<۰/۰۵ استفاده شد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه مشخص شد که اثر تیمار ازن در روز ۳ بین چهار گروه p=۰/۹۴۰ فاقد اختلاف معنی‌دار است. در روز ۶ بین چهار گروه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (p=۰/۸۶۶) برای روز ۹ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (p=۰/۰۳۶). تفاوت در شکل ۶ نمایش داده شده است، مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی میزان سختی از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار (p<۰/۰۵) کاهش داشته است.با توجه به نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه مشخص شد که اثر تیمار ازن در روز ۳ بین چهار گروه اختلاف معنی‌دار دیده شد(p=۰/۶۲۵).در روز ۶ نیز بین چهار گروه فاقداختلاف معنی‌دار است (p=۰/۰۷۸). برای روز ۹ نیز سطح P=۰/۷۴۹، اختلاف معنی‌دار دیده نشد.تفاوت در شکل ۵ نمایش‌داده شده است، مشخص است که درطول زمان نیز به‌طورکلی‌میزان ارتجاعی‌از روز ۳ تا روز ۹صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار (P<۰/۰۵) کاهش داشته است.

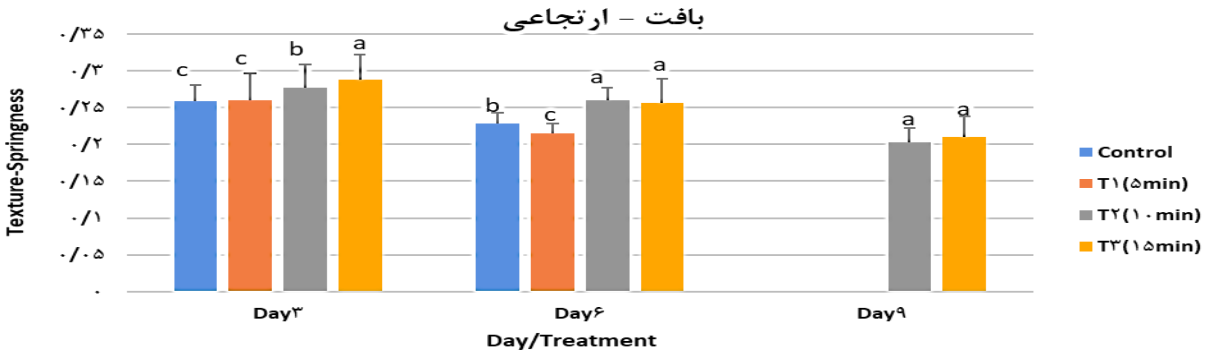
(DOI): 10.22034/aej.2020.121017



شکل ۵: نمودار بررسی تغییرات فاکتور Texture-Hardness در روزها و گروه‌های مورد بررسی

حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند. به‌علت اختلال در سیستم برق و قطعی آن نتیجه‌های شاهد و T1 در روز ۹ حذف شدند.

بافت–ارتجاعی Texture- Springiness: در ابتدا با توجه به روزهای تعیین‌شده داده‌های حاصل از انجام آزمایش با استفاده‌از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه نظر وضعیت پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده‌های مربوط به فاکتورمذکور با توجه به گروه‌های زمانی‌درسطح p>۰/۰۵ دارای توزیع نرمال می‌باشد. از این‌رو برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون تعقیبی LSD در سطح p<۰/۰۵ استفاده شد (شکل ۶).



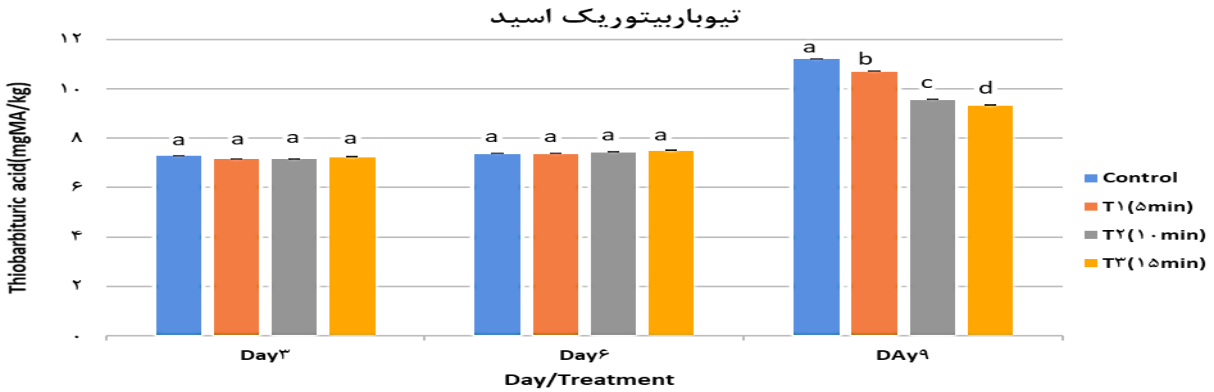
شکل ۶: نمودار بررسی تغییرات فاکتور Texture- Springiness در روزها و گروه‌های مورد بررسی

حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند. به‌علت اختلال در سیستم برق و قطعی آن نتیجه‌های شاهد و T1 در روز ۹ حذف شدند.

تیوباربیوتیک اسید (TBA=Thiobarbituric Acid):

در ابتدا با توجه به‌روزهای تعیین‌شده داده‌های‌حاصل از انجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه نظر وضعیت پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرارگرفت و مشخص‌شد که داده‌های مربوط به فاکتور مذکور با توجه به گروه‌های زمانی در سطح p>۰/۰۵ دارای توزیع نرمال می‌باشد از این‌رو برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون تعقیبی LSD در سطح p<۰/۰۵ استفاده شد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه مشخص شدکه اثر تیمار ازن در روز ۳ درچهار گروه در سطح p=۰/۰۰۰ می‌باشد. به شکلی که گروه شاهد در سطح p=۰/۰۰۰ دارای اختلاف معنی‌دار با T1 وT2 هستند. در مقایسه تیمار یک و تیمار سه میزان p=۰/۰۰۲ اختلاف در سطح است. هم‌چنین در مقایسه T2 و T3 سطح p=۰/۰۰۱ می‌باشد که این مقادیر p نشان از آن دارد که ازن بر نمونه‌هاسبب‌اختلاف‌معنی‌دار گردیده است. در روز ۶ سطح p=۰/۰۰۸ در چهار گروه فاقد اختلاف معنی‌دار بودند و در مقایسه تیمار شاهد با T2 در سطح P=۰/۰۴۷ و با T3 در سطح P=۰/۰۰۳ دارای اختلاف معنی‌دارند. در مقایسه T1 و T2، سطح p=۰/۰۴۶ و در مقایسه T1 و T3، p=۰/۰۰۳ دارای اختلاف معنی‌دار هستند. برای روز آخر بررسی (روز۹) با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌ها در آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از آزمون Non Parametric استفاده شد و تفاوت بین گروه‌ها معنی‌دار گزارش شد. تفاوت در شکل ۷ نمایش داده شده است، مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی میزان تیوباربیتوریک اسید از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار (P<۰/۰۵) افزایش داشته است.

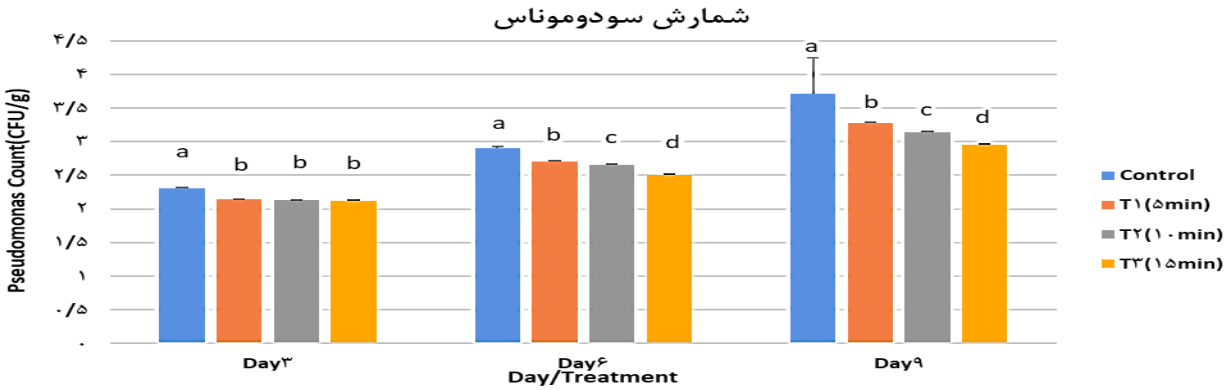
(DOI): 10.22034/aej.2020.121017



شکل ۷: نمودار بررسی تغییرات فاکتور Thiobar Bituric Acid در روزها و گروه‌های مورد بررسی

حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.

شمارش سودوموناس (*Pseudomonas*): در ابتدا با توجه به روزهای تعیین‌شده داده‌های حاصل از انجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه نظر وضعیت پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده‌های مربوط به فاکتور مذکور با توجه به گروه‌های زمانی در سطح p>۰/۰۵ دارای توزیع نرمال می‌باشد از این‌رو برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون تعقیبی LSD در سطح p<۰/۰۵ استفاده شد. در نتایج روز ۶ سطح p=۰/۰۰۰ در چهار گروه دارای تفاوت معنی‌دار بودند. هم‌چنین در مقایسه تیمار شاهد با T1، T2 و T3 p=۰/۰۰۰ اختلاف معنی‌دار است و در مقایسه T1 و T2 سطح p=۰/۰۰۷ و در مقایسه T1 و T3 در سطح p=۰/۰۰۰ است. همین‌طور T2 و T3 در سطح p=۰/۰۰۰ است. در نتایج روزهای ۳ و ۹ نتیجه آزمون One Sample Kolmogrov Smironov توزیع داده‌ها نرمال نبود و در ادامه از آزمون ناپارامتری Kruskal-wallis استفاده شد. تفاوت در شکل ۸ نمایش داده شده است. مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی میزان سودوموناس از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار (P<۰/۰۵) افزایش داشته است.



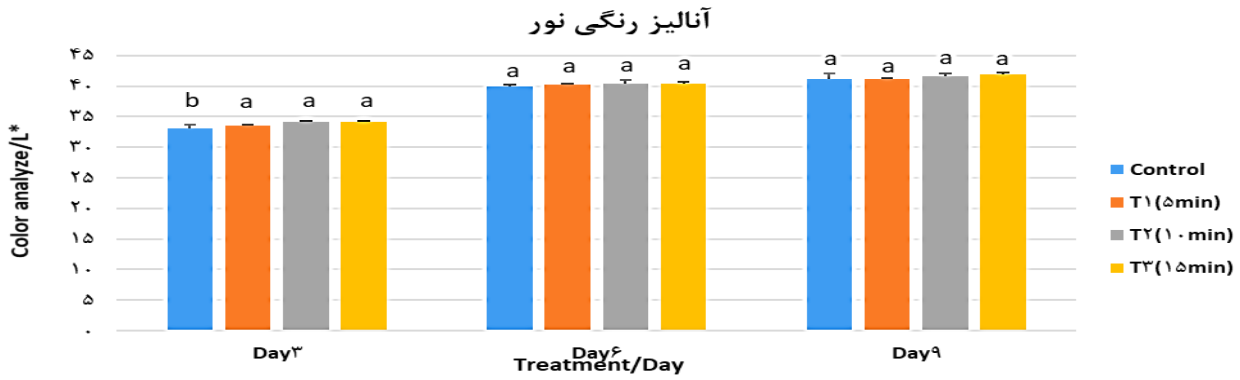
شکل ۸: نمودار بررسی تغییرات فاکتور Pseudomonas در روزها و گروه‌های مورد بررسی

حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.

آنالیز رنگی

آنالیز رنگی نور Color Analyze-l*: در ابتدا با توجه به روزهای تعیین شده داده‌های حاصل از انجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه‌نظر وضعیت پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده‌های مربوط به فاکتور مذکور با توجه به گروه‌های زمانی در سطح p>۰/۰۵ دارای توزیع نرمال می‌باشد از این‌رو برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی LSD در سطح p<۰/۰۵ استفاده شد. در روز ۳ سطح p=۰/۰۱۳ در چهار گروه بوده است، هم‌چنین در مقایسه تیمار شاهد با T2 و T3 سطح p=۰/۰۰۵ بوده که اختلاف معنی‌دار مشاهد می‌شود. در مقایسه تیمارهای روز ۹ نیز سطح p=۰/۰۴۴ بوده است. تفاوت در شکل ۹ نمایش داده شده است، مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی میزان آنالیز رنگی نور از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار (p<۰/۰۵) افزایش داشته است.

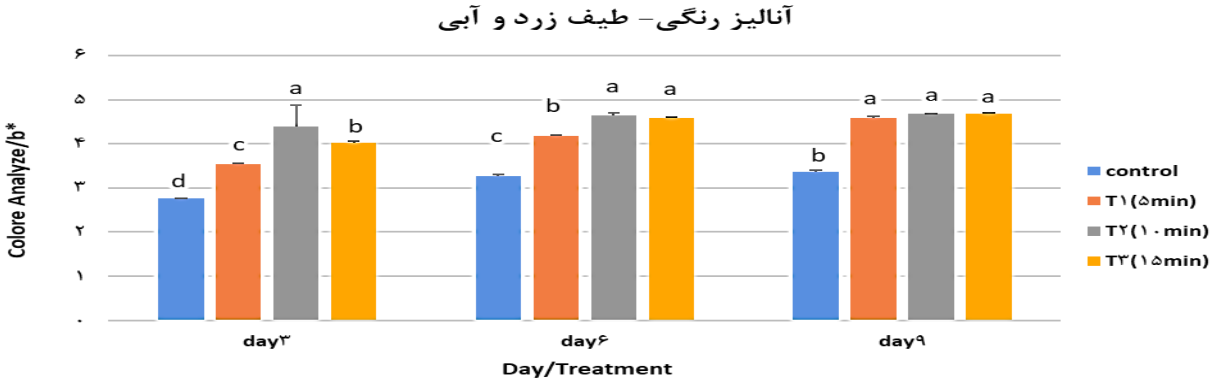
(DOI): 10.22034/aej.2020.121017



شکل ۹: نمودار بررسی تغییرات فاکتور Color Analyze-l* در روزها و گروه‌های مورد بررسی

حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.

آنالیز رنگی طیف زرد-آبی Color Analyze-b*: در ابتدا با توجه‌به روزهای تعیین‌شده داده‌های‌حاصل از انجام آزمایش با استفاده از آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از نقطه نظر وضعیت پراکنش داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده‌های مربوط به فاکتور مذکور با توجه به‌گروه زمانی‌اول (روز سوم) در سطح p>۰/۰۵ دارای توزیع نرمال می‌باشد از این‌رو برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون تعقیبی LSD در سطح p<۰/۰۵ استفاده شد. در روز ۳ سطح p= ۰/۰۰۲ و سطح p=۰/۰۰۰ در بین چهار گروه بوده به‌طوری‌که در مقایسه تیمار شاهد با T1 سطح p=۰/۰۰۵ و در مقایسه تیمار شاهد با T2 و T3 میزان p=۰/۰۰۰ اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود و با مقایسه T1 با T2 میزان p=۰/۰۰۲ و در مقایسه T1 و T3 میزان p=۰/۰۳۸ دارای اختلاف‌معنی‌دار است. با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌های روزهای ۶ و ۹ در آزمون One Sample Kolmogrov Smironov از آزمون Non Parametric kruskal-wallis استفاده شد که در سطح p<۰/۰۰۵ تفاوت بین گروه‌های آزمایشی مشهود است.تفاوت‌در شکل ۱۰ نمایش داده شده است، مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی میزان آنالیز رنگی طیف زرد و آبی از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار (P<۰/۰۵) افزایش داشته است.



شکل ۱۰: نمودار بررسی تغییرات فاکتور Color Analyze-b* در روزها و گروه‌های مورد بررسی

حروف کوچک متفاوت در هر روز به تفکیک نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) هستند.

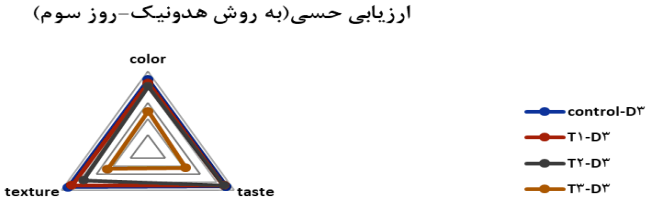
ارزیابی حسی: نتایج ارزیابی حسی به‌روش هدونیک به‌صورت داده‌های ترتیبی (ordinal)درمحیط نرم‌افزار اکسل ثبت گردید و نمودار تغییرات در گروه‌های مورد بررسی روزهای ۳، ۶ و ۹ به شکل نمودار Radar ترسیم گردید (شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳).

ترکیبات شیمیایی Chemical compositions: نتایج حاصل از ترکیبات شیمیایی که شامل پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر می‌باشد فقط در روز ۰ و در گروه تیمار شاهد انجام گردید (جدول ۱).

جدول۱: بررسی تغییرات فاکتور ترکیبات شیمیایی در روز ۰ و در تیمار شاهد (گرم/۱۰۰ گرم)

پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر
۱۹/۰۶	۵/۳۳	۷۴/۲۵	۱/۲۹

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017



شکل ۱۱: نمودار بررسی تغییرات فاکتور ارزیابی حسی در روز سوم و گروه‌های مورد بررسی

شکل ۱۲:نمودار بررسی تغییرات فاکتور ارزیابی حسی در روزها و گروه‌های مورد بررسی

شکل ۱۳:نمودار بررسی تغییرات فاکتور ارزیابی حسی در روزها و گروه‌های مورد بررسی

بحث

ماهی و سایر فرآورده‌های دریایی به‌دلیل غنی بودن از نظر پروتئین‌ها، ویتامین‌های محلول در چربی و اسیدهای چرب غی اشباع امگا ۳، نقش بسیار مهمی در رژیم غذایی انسان دارند. لذا در تمامی کشورها برای تامین سلامتی افراد جامعه، به نوعی سعی بر ترویج و توسعه مصرف آبزیان در بین شهروندان خود دارند. این فرآورده‌ها به علت نوع ترکیبات تشکیل‌دهنده، معمولاً سریع‌تر از غذاهای گوشتی دیگر فاسد می‌شوند و گوشت آن‌ها پس از مرگ نیز مستعد تغییرات بیش‌تری نسبت به گوشت‌های دیگر است.بنابراین ماهی و اکثر غذاهای دریایی رابه‌دلیل فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی مولد فساد و هم‌چنین تغییرات شیمیایی ناشی از اکسیداسیون نمی‌توان بیش از چند ساعت (بیش از ۱۵ ساعت) در دمای محیط نگه‌داری کرد (Eun، ۱۹۹۴). روش‌های مختلفی به‌منظور کاهش فساد ماهی و افزایش ماندگاری آن استفاده می‌شود. یکی از فن‌آوری‌های نوین در این خصوص، استفاده از ازن است . ازن (O_3) از اکسیژن فعال (O_2) به‌وسیله پرتو فرابنفش (uv) یا تخلیه الکتریکی با ولتاژ بالا تولید می‌شود و به‌عنوان یک عامل ضدمیکروبی قوی در برابر باکتری‌های گرم منفی و مثبت، مخمرها، انگل‌ها و طیف وسیعی از ویروس‌ها شامل هپاتیتA و باکتریوفاژها است. استفاده از ازن یکی از روش‌های مناسب در کنترل و به تاخیر انداختن فساد ماهی و حفظ کیفیت آن می‌باشد. در بین گونه‌های متفاوت ماهیان دریایی، ماهی قزل‌آلا به‌لحاظ میزان مصرف از اهمیت زیادی در بین مصرف‌کنندگان برخوردار است (Basti و همکاران، ۲۰۰۶). این نوع ماهی به‌دلیل بازارپسندی‌بالا باتوجه‌به قابلیت پرورش در اکثر نقاط ایران، جایگاه ویژه‌ای نسبت به دیگر آبزیان در سبد غذایی خانوارهای ایرانی پیدا کرده است. این ماهی اغلب به‌صورت کامل از مغازه‌های خرده فروشی و یا به‌صورت فیله شده و شکم خالی از فروشگاه‌های بزرگ قابل تهیه است. با توجه به ارزش اقتصادی و غذایی ماهی قزل‌آلا، بررسی تاثیرازن بر کیفیت و ماندگاری آن همواره حائز اهمیت است، بنابراین در این تحقیق، تاثیر ازن بر کنترل فساد میکروبی،افزایش زمان‌ماندگاری‌و برخی از ویژگی‌های کیفی‌فیله ماهی قزل‌آلا مورد بررسی قرار می‌گیرد(Black، ۱۹۵۱). کاهش بار میکروبی در مواد غذایی فسادپذیر مثل ماهی و فرآورده‌های دریایی می‌بایست حتی الامکان توام با حفظ کیفیت و خصوصیات حسی مثل بافت، رنگ و سایر خصوصیات پذیرش محصول از طرف مصرف کننده باشد. امروزه با توجه به اثرات نامطلوب استفاده از ترکیبات شیمیایی در فرآیند مواد غذایی، محققین در فکر جایگزینی هرچه بیش‌تر این مواد، با ترکیبات ایمن‌تر هستند بنابراین، صنعت فرآوری مواد غذایی به فرایندهای جدید و نوینی نیاز دارد تا با حداقل اتلاف ارزش تغذیه‌ای، رنگ و طعم و بافت آن را تحت تاثیر منفی قرار ندهد (Adebayo-Tayo و همکاران، ۲۰۱۲).یکی از این‌روش‌ها،استفاده از ازن در فرآوری مواد غذایی می‌باشد. با توجه به این که در فرآیند ازنیزاسیون (ازنه کردن) مواد غذایی، بعد از تیمار، ازن اضافی به سرعت برای تولید اکسیژن به‌طور خود به خود تجزیه می‌شود و باقی‌مانده‌ای را در مواد غذایی باقی نمی‌گذارد و محصولات مصرفی را امن می‌کند این ویژگی باعث شده که ازن در صنعت غذا به‌عنوان یک ماده ایمن (GRASS) شناخته شود. ازن میکروارگانیسم‌ها را از طریق اکسیداسیون ترکیبات سلولی از بین می‌برد. سطح سلول باکتری اولین هدف ازن می‌باشد. در باکتری‌های گرم منفی، لایه‌های لیپوپروتئین و لیپوساکارید اولین قسمت‌های دیواره‌سلولی هستند که شکسته می‌شوند و باعث نشت مواد درون سلولی می‌شوند (Naito و همکاران، ۲۰۰۶). تخریب پروتئین‌های درون سلولی و هم‌چنین اسیدهای نوکلوئیک نهایتاً منجر به مرگ سلولی میکروارگانیسم‌ها می‌گردد. کاربرد ازن در صنایع غذایی عمدتاً مربوط به ضدعفونی سطح محصولات غذایی و تصفیه آب است. در حالی‌که به‌نظر می‌رسد این فرآیند غیرحرارتی دارای پتانسیل مناسبی برای استفاده‌درواحدهای‌تولید،فرآوری و بسته‌بندی‌محصولات دریایی و ازجمله ماهی می‌باشد (Khadre و همکاران، ۲۰۰۱). استفاده از ازن در فرآوری مواد غذایی مختلف مبنای تحقیقات و مطالعات متعددی بوده است به‌عنوان مثال در یک مطالعه تاثیر غلظت‌های مختلف گاز ازن در حفظ تازگی و کیفیت میکروبی تخم‌مرغ در طی دوره ذخیره سازی مورد بررسی قرار گرفت و تاثیر قابل‌توجه ازن بر کاهش جمعیت

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017

میکروبی کل شامل باکتری‌ها، مخمرها، کپک‌ها و هم‌چنین باکتری‌های بیماری‌زایی مثل *استافیلوکوکوس اورئوس* مورد تاکید قرار گرفت. بر اساس نتای ازن در میگو قبل از انجماد و بسته‌بندی، در کاهش و غیر فعال‌سازی جمعیت میکروارگانیسم‌های هوازی و افزایش کیفیت میکروبی میگو موثر است. کاربرد ازن در صنایع تولید گوشت و فرآورده‌های گوشتی باعث کاهش جمعیت میکروبی و تاخیر در فاز لگاریتمی میکروارگانیسم‌های مولد فساد و حذف بوهای نامطلوب و افزایش زمان ماندگاری این محصولات در حین ذخیره‌سازی می‌شود. هم‌چنین بر اساس برخی از نتایج مطالعات انجام شده، تغذیه ماهیان با آب ازن‌دار موجب افزایش کیفیت میکروبی و بهبود رنگ گوشت آن‌ها می‌شود (Clough و همکاران، ۲۰۰۹). از ازن به‌عنوان جایگزین کلر برای جلوگیری از فساد و رشد باکترهای بیماری در محصولات دریایی نیز استفاده می‌شود. اغلب برای محصولات دریایی از روش غوطه‌وری در ازن استفاده می‌شود. براساس یک تحقیق اسپری ازن با غلظت ۳/۵ میلی‌گرم در لیتر در از بین بردن اغلب باکتری‌های مولد فساد بسیار موثر بوده و تاثیری بر کیفیت شیمیایی محصولات دریایی نخواهد داشت (Yousef و همکاران، ۲۰۱۱). فساد آبزیان به‌خصوص ماهیان پرورشی و کاهش زمان ماندگاری آن‌ها همواره به‌عنوان یکی از ذغدغه‌های محققین و مسئولین ذی‌ربط به‌شمار می‌رفته است. هدف اصلی افزایش ماندگاری مواد غذایی،کاهش میکروارگانیسم‌های مواد فساد و هم‌چنین پاتوژن‌های مسبب بیماری‌های غذازاد می‌باشد (OSHA، ۲۰۰۴). تلفیق پرتودهی با حرارت یخچال بیش‌تر از تاثیر پرتودهی به تنهایی روی سلامت غذاست. پرتودهی در مقایسه با کاربرد تیمار شیمیایی، ایجاد اثرات باقی‌مانده در غذا نمی‌نماید (WHO، ۱۹۹۹).

ظرفیت نگه‌داری آب Water Holding Capacity (WHC): طی نتایج حاصل مشخص شد که ظرفیت نگه‌داری آب در ماهی تیمار شده با ازن در گروه اول (روز ۳ آزمون) فاقد اختلاف معنی‌دار هستند اما در گروه‌های دوم و سوم (روزهای ۶ و ۹ آزمون) دارای اختلاف معنی‌دار هستند. مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی ظرفیت نگه‌داری آب از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار تیمار ازن به‌طور معنی‌دار کاهش داشته است. به‌طورکلی ظرفیت نگه‌داری آب در روز ۳ آزمون دارای بیش‌ترین میزان و در روز ۹ دارای کم‌ترین سطح بوده است. بیش‌ترین کاهش در نمونه شاهد و کم‌ترین کاهش در تیمار ۳ مشاهده شده است. به‌نظر می‌رسد علت کاهش کم‌تر ظرفیت نگه‌داری آب در نمونه‌های تیمار شده با ازن محدودیت فعالیت میکروارگانیسم‌ها، به‌خصوص انواع پروتئولیتیک می‌باشد. قابلیت استخراج و انحلال پروتئین‌های میوفیبریلی (MPE) یک ویژگی مهم کارکردی در پروتئین‌های بافت عضلانی ماهی می‌باشد. با کاهش MPE، قابلیت‌هایی مثل ظرفیت نگه‌داری آب (WHC) و توانایی تشکیل ژل کاهش یافته و تاثیر نامطلوبی بر خواص حسی و ارگانتولپتیکی بافت ماهی ایجاد می‌شود. Lu و همکاران (۲۰۱۲) اثر ترکیبی آب و پولک یخی ازن‌دار را در کیفیت ماهی نوعی ماهی ژاپنی (*Japanese Sea Bass*) بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از تیمار ازن هیچ گونه تاثیر منفی بر روی پروتئین‌های میوفیبریلی نداشته و قابلیت‌هایی مثل ظرفیت نگه‌داری آب در طول زمان ذخیره‌سازی کاهش پیدا نمی‌کند.

تعیین بار میکروبی Total Count: طی نتایج حاصل مشخص شد که تعیین بار میکروبی در ماهی تیمار شده با ازن در همه گروه‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. هر تیمار از این فاکتور با گذشت زمان افزایش یافته است. به‌طورکلی بیش‌ترین افزایش بار میکروبی در روز ۹ و کم‌ترین افزایش در روز ۳ مشاهده شده است. بیش‌ترین افزایش بار میکروبی درتیمار شاهد و کم‌ترین افزایش در تیمار ۲ است. در مطالعه Tavakoli و همکاران (۲۰۱۱) با عنوان بررسی تاثیر گاز ازن در کاهش آلودگی کلی باکتریایی لاشه مرغ کشتار شده در یکی از کشتارگاه‌های صنعتی تهران، با افزایش غلظت ازن و افزایش مدت ازن دهی،کاهش قابل توجهی در تعداد کلی باکتری‌ها مشاهده گردید و با افزایش غلظت از ۴ به ۶ و ۸ ppm، به‌ترتیب log ۱ از تعداد باکتری‌ها کاسته شد. در مطالعه Tahernejad و همکاران (۲۰۰۹) اثر ضدعفونی ازن با سایر مواد ضدعفونی کننده، جهت از بین بردن آلودگی *E. coli* موجود در کشتارگاه مزرعه نمونه بررسی شد. از گاز ازن در کاهش بار میکروبی لاشه‌های طیور استفاده شد که هدف از آن بررسی کاهش بار میکروبی برخی از میکروارگانیسم‌های مواد غذایی نظیر *لیستریا منوسیتوژنز، استافیلوکوکوس اوئوس، سالمونلا تیفی موریوم، ایکلای* و *کمپیلوباکتر ژژونی* کشت شده بر روی سطح پوست مرغ بوده است. نتایج نشان‌داد که گاز ازن بر روی تمام باکتری‌های مورد آزمایش موثر بود و پس از ۳۰ دقیقه ازن تراپی، در حدود log ۱ در تعداد تمام باکتری‌ها کاهش مشاهده شد. نتایج نشان داد که غلظت و زمان زیاد، علاوه بر کاهش تعداد کلی باکتری‌ها، موجب حذف سالمونلا نیز می‌گردد. بنابر گزارش Niazi shahraki و همکاران (۲۰۰۸)، آلودگی سالمونلایی در طیور یک مشکل جهانی است و مرغ‌هایی که از نظر آلودگی سالمونلایی مثبت هستند، در زمان کشتار حامل مقادیر زیادی میکروارگانیسم در مدفوع و پوشش خارجی هستند و این آلودگی را به کشتارگاه انتقال می‌دهند. در نتیجه در اثر آلودگی ثانویه در مراحل مختلف کشتار، آلودگی به‌محیط، ابزار و وسایل و درنهایت به محصول منتقل می‌گردد.

سنجش مجموع بازهای نیتروژنی فرار Total Volatile Basic Nitrogen (TVN-B): طی نتایج حاصل مشخص شد که سنجش مجموع بازهای نیتروژنی در ماهی تیمار شده با ازن در همه گروه‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. هر تیمار از این فاکتور با گذشت زمان افزایش یافته است. به‌عبارتی دیگر هر تیمار از TVB-N در روزهای ۳

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017

و ۶ تقریباً نتایج نزدیک به‌هم را داشتند. اما در روز ۹ نتایج افزایش جزئی داشتند که بیش‌ترین افزایش در نمونه شاهد و کم‌ترین افزایش در نمونه تیمار ۲ مشاهده شده است. کل بازهای نیتروژنی فرار به‌عنوان یکی از شاخص‌های تشخیص تازگی ماهی، دامنه وسیعی از ترکیبات نظیر آمونیاک، دی‌متیل‌آمین، تری‌متیل‌آمین و دیگر ترکیبات مشابه را شامل می‌شود که در اثر فعالیت‌های میکروبی تولید می‌شوند (Rodriguez و همکاران، ۲۰۰۸). میزان قابل قبول TVB-N ۳۰-۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم عضله است (Feng و همکاران، ۲۰۱۲). میزان بازهای نیتروژنی فرار در هر دو تیمار با گذشت زمان نگه‌داری افزایش یافت. افزایش مقدار TVB-N در مطالعه حاضر در تمامی نمونه‌ها طی دوره نگه‌داری را می‌توان با فعالیت باکتری‌های مولد فساد مرتبط دانست. میزان بالای فعالیت باکتری‌ها، ترکیباتی نظیر تری‌متیل‌آمین اکساید و پپتیدها و آمینواسیدها را به بازهای فرار می‌شکند(Lopez- Caballero و همکاران، ۲۰۰۵). در نمونه‌های حاوی ازن همواره میزان TVB-N کم‌تر از میزان آن در نمونه‌های شاهد بود. این میزان پایین را می‌توان به مهار عمل میکروارگانیسم‌ها و کاهش سرعت تجزیه پروتئین‌ها توسط ازن نسبت داد. نتایج مشابهی پیرامون اثر کاهشی ازن بر مقدار TVB-N از سوی سایر محققین گزارش شده است. برای مثال طبق مطالعات Carmen و همکاران (۲۰۰۵) تیمار ماهی ساردین (*Sardina pilchardus*) در یخ فالوده‌ای ازن‌دار به‌مدت ۲۲ روز، بازهای نیتروژنی فرار را در عضله ماهی کاهش می‌دهد. Rong و همکاران (۲۰۱۰) کاهش میزان بازهای نیتروژنی فرار را در صدف اویستر (*Crassostrea gigas*) توسط ازن و کیتوزان گزارش کردند. هم‌چنین Bugueno و همکاران (۲۰۰۳) همبستگی مثبتی را بین میزان pH، رشد باکتریایی و TVB-N گزارش نمودند.

بافت-قابلیت جویدن Texture-Chewiness: طی نتایج حاصل مشخص شد که قابلیت جویدن در ماهی تیمار شده با ازن در گروه‌های اول و سوم (روز ۳ و ۹ آزمون) فاقد اختلاف معنی‌دار هستند اما در گروه دوم (روز ۶ آزمون) دارای اختلاف معنی‌دار هستند. مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی قابلیت جویدن از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار کاهش داشته است. به‌طوری‌که بیش‌ترین سطح از فاکتور بافت-قابلیت جویدن در روز ۳ و کم‌ترین در روز ۹ مشاهده شده است. بیش‌ترین کاهش در تیمار شاهد و کم‌ترین کاهش در تیمار ۳ بوده است، نشان‌دهنده این است که تیمار با ازن به‌صورت نسبی و تا مدت مشخصی روی ویژگی‌های بافتی و قابلیت جویدن گوشت ماهی تاثیر مثبت دارد.

بافت-قابلیت انسجام Texture-Cohesiiveness: طی نتایج حاصل مشخص شد که انسجام در ماهی تیمار شده با ازن در هر سه گروه فاقد اختلاف معنی‌دار است. مشخص است که در طول زمان نیز به‌طورکلی میزان انسجام از روز ۳ تا روز ۹ صرف نظر از اثر تیمار ازن به‌طور معنی‌دار کاهش داشته‌است. به‌طوری‌که بیش‌ترین سطح از فاکتور بافت-انسجام در روز ۳ و کم‌ترین در روز ۹ مشاهده شده است. بیش‌ترین کاهش در تیمار شاهد و کم‌ترین کاهش در تیمار ۳ بوده است. نشان دهنده این است که تیمار با ازن به‌صورت نسبی و تا مدت مشخصی روی ویژگی‌های بافتی و قابلیت انسجام گوشت ماهی تاثیر مثبت دارد.

بافت-سختی Texture-Hardness: طی نتایج حاصل مشخص شد که قابلیت جویدن در ماهی تیمار شده با ازن در گروه‌های اول (روز ۳ آزمون) فاقد اختلاف معنی‌دار هستند اما در گروه‌های دوم و سوم (روزهای ۶ و ۹ آزمون) دارای اختلاف معنی‌دار هستند. هر تیمار از این فاکتور با گذشت زمان کاهش داشته است. به‌طوری‌که بیش‌ترین سطح از فاکتور بافت-سختی در روز ۳ و کم‌ترین در روز ۹ مشاهده شده است. بیش‌ترین کاهش در تیمار شاهد و کم‌ترین در تیمار ۳ بوده است. نشان دهنده این است که تیمار با ازن به‌صورت نسبی و تا مدت مشخصی روی ویژگی‌های بافتی و قابلیت سختی گوشت ماهی تاثیر مثبت دارد.

بافت-ارتجاعی Texture-Springness: طی نتایج حاصل مشخص شد که تازگی در ماهی تیمار شده با ازن در گروه دوم (روز ۶ آزمون) فاقد اختلاف معنی‌دار هستند اما در گروه‌های اول و سوم (روزهای ۳ و ۹ آزمون) دارای اختلاف معنی‌دار هستند. هر تیمار از این فاکتور با گذشت زمان کاهش داشته است. به‌طوری‌که بیش‌ترین سطح از فاکتور بافت-تازگی در روز ۳ و کم‌ترین در روز ۹ مشاهده شده است. بیش‌ترین کاهش در تیمار شاهد و کم‌ترین کاهش در تیمار ۲ بوده است.

تیوباربیتوریک اسید Thiobarbituric Acid (TBA): طی نتایج حاصل مشخص شد که تیوباربیتوریک اسید در ماهی تیمار شده با ازن فقط در گروه اول و دوم (روز ۳ و ۶ آزمون) اختلاف معنی‌دار هستند.. در گروه سه (روز های ۹ آزمون) تفاوت معنی‌دار مشاهده شده است. هر تیمار از این فاکتور با گذشت زمان افزایش داشته است. به‌طوری‌که کم‌ترین سطح از تیوباربیتوریک در روز ۳ و بیش‌ترین در روز ۹ مشاهده شده است. بیش‌ترین افزایش در تیمار شاهد و کم‌ترین افزایش در تیمار ۳ بوده است. روند افزایش این شاخص به‌دلیل افزایش آهن هم و دیگر پراکسیدان‌ها در ماهیچه و هم‌چنین تولید آلدهیدها به‌عنوان محصول ثانویه اکسیداسیون از تجزیه هیدروپراکسیدها است (Gomes و همکاران، ۲۰۰۳). کاهش میزان TBA در بعضی از روزهای نگه‌داری ممکن است به‌دلیل کاهش هیدروپراکسیدها و واکنش بین مالون‌آلدهید به پروتئین‌ها، اسیدآمینه و گلیکوژن باشد که باعث کاهش مقادیر مالون آلدهید می‌شود. این نتایج مشابه مطالعه ماهی سیم دریایی قطع غذا شده در دوره‌های مختلف زمانی به‌دست آمد (Álvarez و همکاران، ۲۰۰۸). این نتایج برخلاف مطالعه Cakli و همکاران (۲۰۰۷) بود که بر روی ماهی باس‌دریایی انجام شد و گزارش شد که در پایان ۱۸ روز ذخیره‌سازی فساد اکسیداسیونی رخ نداد. به این نکته باید توجه داشت

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017

که طبق گزارشات Auburg (۲۰۰۳)، TBA ممکن است نرخ واقعی اکسیداسیون لیپید را آشکار نکند زیرا مالون آلدهید می‌تواند با دیگر اجزای بدن ماهی تداخل کند. این اجزا ممکن است از آمین، نوکلئوزئید واسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، اسیدآمینه از فسفولیپیدها و آلدهیدها باشد. این تعامل می‌تواند تا حد زیادی بسته به گونه ماهی متفاوت باشد (Papadopoulos و همکاران، ۲۰۰۳).

شمارش سودوموناس *Pseudomonas*: طی نتایج حاصل مشخص شد که شمارش شودوموناس در ماهی تیمار شده با ازن فقط گروه دوم (روز ۶ آزمون) فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. هر تیمار از این فاکتور با گذشت زمان افزایش داشته است. توزیع داده‌ها در گروه اول و سوم نرمال نبوده‌است. به‌طوری‌که کم‌ترین سطح از فاکتور سودوموناس در روز ۳ و بیش‌ترین در روز ۹ مشاهده شده است. بیش‌ترین افزایش در تیمار شاهد و کم‌ترین افزایش در تیمار ۳ بوده است. فساد در ماهیان تازه به‌دلیل فعالیت و رشد ارگانیزم‌های ویژه عامل فساد است که با تولید متابولیت‌هایی منجر به نامطلوب شدن طعم و بوی ماهیان و در نهایت غیرقابل مصرف شدن آن‌ها می‌شود (Gram و Daalgard، ۲۰۰۲؛ Gram و Huss، ۱۹۹۶). طی مطالعات انجام شده توسط Gram و Daalgard (۲۰۰۲) مشخص شد میکروارگانیسم‌های عامل فساد موادغذایی در موارد مشابه نیز یکسان نبودند و فلور میکروبی جداسازی شده از غذاهای دریایی از یک مطالعه به مطالعه دیگر متفاوت بود به طوری‌که نوع و میزان این ارگانیسم‌ها در هر مطالعه بسته به گونه ماهی و محیط زندگی آن‌ها، وضعیت اقلیمی، نحوه صید، نوع محصول فرآوری شده، دما و نحوه نگه‌داری متفاوت خواهد بود (Gram و Huss، ۱۹۹۶). گوشت ماهی حاوی ترکیبات مناسبی برای رشد میکروب‌هااست بنابراین حضور باکتری‌ها یکی از دلایل کاهش کیفیت گوشت ماهی در طول دوره نگه‌داری را رقم می‌زند. در مطالعه حاضر تیمار ازن طی دوره نگه‌داری کاهش معنی‌داری در میزان بار باکتریایی کل و تعداد باکتری‌های سرمادوست در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد. این امر می‌تواند به‌علت ویژگی ضدمیکروبی ازن باشد. نتایج مشابهی از سوی Badalucco و Bono (۲۰۱۲) و Rong و همکاران (۲۰۱۰) دربارهٔ اثر کاهشی ازن بر باکتری‌های کل و باکتری‌های سرمادوست گزارش شده‌است.

آنالیز رنگی-نور *Color Analyze-l: طی نتایج حاصل مشخص شد که آنالیز رنگی نور در ماهی تیمار شده با ازن گروه اول (روز ۳ آزمون) دارای اختلاف معنی‌دار هستند. هر تیمار از این فاکتور با گذشت زمان افزایش داشته است. به‌طوری‌که کم‌ترین سطح از فاکتور آنالیز رنگی نور در روز ۳ و بیش‌ترین سطح در روز ۹ مشاهده‌شده است. بیش‌ترین افزایش در تیمار شاهد و کم‌ترین افزایش در تیمار ۳ بوده است.

آنالیز رنگی-طیف زرد و آبی *Color Analyze-b: طی نتایج حاصل مشخص شد که آنالیز طیف زرد و آبی در ماهی تیمار شده با ازن گروه اول (روز ۳ آزمون) دارای اختلاف معنی‌دار هستند. هر تیمار از این فاکتور با گذشت زمان افزایش داشته‌است. با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌های گروه‌های ۶ و ۹، تفاوت بین گروه‌های آزمایشی مشهود است. به‌طوری‌که کم‌ترین سطح از فاکتور آنالیز رنگی طیف زرد و آبی در روز ۳ و بیش‌ترین در روز ۹ مشاهده شده است. بیش‌ترین افزایش در تیمار شاهد و کم‌ترین افزایش در تیمار ۳ بوده است. Zhao و همکاران (۲۰۱۷) در یک مطالعه بررسی تاثیر ازن محلول بر ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی (بافت و رنگ) فیله ماهی تیلاپیا (Tillapia) را مورد بررسی قرار دارند و در رابطه با ویژگی‌های رنگی فیله ماهی به این نتیجه رسیدند که تیمار با آب ازن‌دار باعث افزایش میزان روشنی (lightness) و کاهش شدت زردی فیله ماهی شده بدون آن‌که بر میزان قرمزی آن تاثیر مشخصی بگذارد.

ارزیابی حسی: طی نتایج حاصل مشخص شد که ارزیابی حسی در ماهی تیمار شده با ازن در گروه روز اول (روز ۳ آزمون) نتایج حسی غلظت‌های مختلف ازن در تیمارهای شاهد، ۲،۱ و ۳ در فاکتورهای رنگ، بو و بافت اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها دیده نشد. در گروه دوم (روز ۶ آزمون) نتایج حسی غلظت های مختلف ازن در تیمار شاهد و تیمار ۱ اختلاف بسیار کم و قابل قبولی مشاهده شد اما نمونه‌های تیمار ۲ و ۳ دارای اختلاف زیاد با نمونه شاهد در فاکتورهای طعم و رنگ و بافت مشاهده شد. در آخر در نمونه‌های گروه سوم نمونه شاهد و تیمار ۱ بسیار به‌هم نزدیک بودند و نمونه‌های تیمار ۲ و۳ با اختلاف بسیار زیاد نسبت به تیمار شاهد قرار گرفتند. اما به‌طورکلی نمونه‌های روز ۹ در این آزمون مورد قبول نبودند.

استفاده از ازن یک فناوری امیدوارکننده در ضدعفونی محصولات دریایی و پتانسیل قابل‌توجهی در افزایش زمان ماندگاری دارد که باید به‌عنوان بخشی از پروتکل بهداشت فرآوری غذاهای دریایی درنظر گرفته شود و یک فرصت جدید برای تضمین کیفیت و عمر ماندگاری محصولات دریایی است. در تحقیق حاضر تاثیر تزریق ازن بر کیفیت شیمیایی و میکروبی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره ۹ روزه بررسی شد. باتوجه به نتایج این پژوهش تیمار ازن طی دوره نگه‌داری از طریق افزایش ظرفیت نگه‌داری آب، کاهش بار میکروبی، کاهش مجموع بازهای نیتروژنی، افزایش قابلیت‌های بافت (قابلیت جویدن، انسجام، سختی و قابلیت ارتجاعی)، کاهش تیوباربیتوریک اسید، کاهش شمارش سودوموناس، افزایش فاکتورهای آنالیز رنگی (نور، طیف زرد و آبی) و کاهش ارزیابی حسی در مقایسه با تیمار شاهد منجر به حفظ بهتر کیفیت ماهی گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده، به‌نظر می‌رسد که مناسب‌ترین حالت نگه‌داری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای یخچال با استفاده از تزریق ازن به‌مدت ۱۰ دقیقه می‌باشد که هم نتایج مناسبی در کنترل تیمارهای فیزیکی، شیمیایی و حسی دارد و هم‌چنین بهترین حالت در استفاده از انرژی (مصرف برق دستگاه) را دارد.

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017

منابع

۱. **توکلی، ح.؛ رنجبر، ر.؛ رستمی، ح.؛ دلخوش، م.؛ نورآبادی، م.؛ رستمی، ف. و یزدانی، ج.، ۱۳۸۹.** بررسی تاثیر گاز ازن در کاهش آلودگی باکتریایی لاشه مرغ کشتار شده در یکی از کشتارگاه‌های صنعتی تهران. مجله میکروب شناسی پزشکی ایران. جلد ۴، شماره ۴، صفحات ۷۴ تا ۶۶.

۲. **طاهرنژاد، ب.؛ مختاری، م.؛ رضوانی، ح. و کسایی، ن.، ۱۳۸۷.** بررسی اثر ضد عفونی کنندگی ازن درمقایسه با سایر مواد ضدعفونی جهت از بین بردن آلودگی *E. coli* لاشه طیور. خلاصه مقاله پانزدهمین کنگره دامپزشکی ایران. جامعه دامپزشکان ایران. تهران.

۳. **میان، ر.؛ رضایی، م. و مرتضوی، م.ص.، ۱۳۹۴.** تأثیر یخ ازن‌دار برکیفیت شیمیایی و میکروبی عضله ماهی طلال (*Rastrelliger kanagurta*) طی دوره کوتاه مدت نگه‌داری. مجله علوم و فنون شیلات. دوره ۴، شماره ۴، صفحات ۱۰۹ تا ۱۲۰.

۴. **Adebayo-Tayo, B.; Odu, N.; Anyamele, L.; Igwiloh, N. and Okonko, I. 2012.** Microbial quality of frozen fish sold in Uyo Metropolis. Nature & Science. Vol. 10, pp: 71-77.

۵. **Aguayo, E.; Escalona, V.H. and Artes, F., 2006.** Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. Postharvest Biol Technol. Vol. 39, pp: 169-177.

۶. **Ali, M.Y.; Hossain, M.B. and Shamsuddin, M., 2012.** Microbiological status in a fully export-oriented shrimp processing plant. World Applied Sciences Journal. Vol. 16, pp: 903-906.

۷. **Álvarez, A.; García García, B.; Garrido, M.D. and Hernández, M.D., 2008.** The influence of starvation time prior to slaughter on the quality of commercialsized gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage. Aquaculture. Vol. 284, pp: 106-114.

۸. **Alvarez, C.; Couso, I. and Tejada, M., 1999;** Thermal gel degradation (modori) in sardine surimi gels. J. Food Sci. Vol. 64, No. 4, pp: 633-637.

۹. **AOAC (Association of official analytical chemists). 2002.** Moisture in Meat and poultry product Method 985.14. Official Methods of Analysis (17th edn). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

۱۰. **AOAC (Association of official analytical chemists). 2005.** Official methods of analysis, Arlington, Virginia.

۱۱. **AOAC (Association of official analytical chemists). 1995.** Official Methods of Analysis, 16th edition. AOAC, Arlington, Virginia. 1141 p.

۱۲. **Auburg, S.P., 1993.** Review: interaction of malonaldehyde with biological molecules new trends about reactivity and significance. International Journal of Food Science and Technology. Vol. 28, pp: 323-335.

۱۳. **Basti, A.A.; Misaghi, A.; Salehi, T.Z. and Kamkar, A., 2006.** Bacterial pathogens in fresh, smoked and salted Iranian fish. Food control. Vol. 17, pp: 183-188.

۱۴. **Black, V.S., 1951.** Osmotic regulations in teleost fishes. In Some Aspects of the Physiology of Fish. Toronto: University of Toronto Press. pp: 53-89.

۱۵. **Bugueno, G.; Escriche, I.; Martínez-Navarrete, N.; del Mar Camacho, M. and Chiralt, A., 2003.** Influence of storage conditions on some physical and chemical properties of smoked salmon processed by vacuum impregnation techniques. Food Chemistry. Vol. 81, No. 1, pp: 85-90.

۱۶. **Bono, G. and Badalucco, C., 2012.** Combining ozone and modified atmosphere packaging (MAP) to maximize shelf life and quality of striped red mullet (*Mullus surmuletus*), LWT-food science & technology. Vol. 47, No. 2, pp: 500-504.

۱۷. **Carmen, C.A.; Rodríguez, Ó.; Losada, V.; Aubourg, S.P. and Barros-Velázquez, J., 2005.** Effects of storage in ozonised slurry ice on the sensory and microbial quality of sardine (*Sardina pilchardus*). International journal of food microbiology. Vol. 103, No. 2, pp: 121-130.

۱۸. **Chytiri, S.; Chouliara, I.; Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G., 2004.** Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. J of Food Microbiology. Vol. 21, pp: 157-165.

۱۹. **Clough, R. and Gillen, K.T., 1989.** Polymer Degradation under Ionizing Radiation: The Role of Ozone. J. Polymer Science. Vol. 27, pp: 2313-2324.

۲۰. **Eun, J.B.; Boyle, J.A. and Hearnsberger, J.O., 1994.** Lipid peroxidant and chemical change in Catfish (*Ictalurus punctatus*) muscle microsoes during frozen storage. J. Food Sci. Vol. 59, pp: 251-255.

۲۱. **Feng, L.; Jiang, T.; Wang, Y. and Li, J., 2012.** Effects of tea polyphenol coating combined with ozone water washing on the storage quality of black sea bream. Food chemistry. Vol. 135, No. 4, pp: 2915-2921.

۲۲. **Gao, W.; Liu, Y.J.; Tian, L.X.; Mai, K.S.; Liang, G.Y.; Yang, H.J.; Huai M.Y. and Luo, W.J., 2009.** Effect of dietary carbohydrate-tolipid ratios on growth performance, body composition, nutrient utilization and hepatic enzymes activities of herbivorous grass carp (*Ctenopharyngdon idella*). Aquaculture Nutrition. Vol. 16, pp: 327-333.

۲۳. **Gomes, H.A.; Silva, E.N.; Nascimento, M.R.L. and Fukuma, H.T., 2003.** Evaluation of the 2 thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. Food Chemistry. Vol. 80, pp: 433-437.

۲۴. **Gram, L. and Huss, H.H., 1996.** Microbiological spoilage of fish and fish products. International Journal of Food Microbiology. Vol. 33, pp: 121-137.

۲۵. **Gram, L. and Dalgaard, P., 2002.** Fish spoilage bacteria problems and solutions. Current Opinion is Biotechnology. Vol. 13, pp: 262-262.

۲۶. **James, C.S., 1995.** Analitical chemistry of foods. Blackie academic Professional press.

۲۷. **Kerr, M.; Lawicki, P.; Aguirre, S. and Rayner, C., 2002.** Effect of storage conditions on histamine formation in fresh and canned Tuna. State Chemistry Laboratory- Food Safety Unit, Department of Human Service, Werribee. pp: 5-20.

۲۸. **Khadre, M.; Yousef, E. and Kim, J., 2001.** Microbiological spects of Ozone Applications in Food: A ReviewJ.Food Science. Vol. 66, No. 9, pp: 1242-1252.

۲۹. **Lopez-Caballero, M.E.; Gómez-Guillén, M.C.; Pérez Mateos, M. and Montero, P., 2005.** A chitosan–gelatin blend as a coating for fish patties. Food Hydrocolloids. Vol. 19, No. 2, pp: 303-311.

۳۰. **Lu, F.; Liu, S.L.; Liu, R.; Ding, Y.C. and Ding, Y.T., 2012.** Combined effect of ozonized water pretreatment and ozonized flake ice on maintaining quality of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*). Journal of aquatic food product technology. Vol. 21, No. 2, pp: 168-180.

۳۱. **Naito, S. and Takahara, H., 2006.** Ozone Contribution in Food Industry in Japan. J. Ozone: science and Engineering. Vol. 28, pp: 425-429.

۳۲. **Niazi shahraki, S.; Rokni, N.D.; Rzavilar, D.; Bahonar, A. and Akhoundzadeh, A., 2008.** Qualitative and quantitative assessmentive assessment of poultry carcasses contaminated with *Salmonella* in Tehran industrial Slaughterhouses. J veter res. Vol. 62, No. 6, pp: 385-389.

۳۳. **OSHA. 2004.** Chemical sampling information: ozone. Available from: http://www.osha. gov/dts/chemicalsampling/ data/ CH_259300.html (accessed 10 September 2011).

۳۴. **Papadopoulos, V.; Chouliara, I.; Badeka, A.; Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G., 2003.** Effect of gutting on microbiological, chemical. and sensory properties of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. Food Microbiology. Vol. 20, pp: 411-420.

۳۵. **Rong, C.; Qi, L.; Bang-zhong, Y. and Lan-lan, Z., 2010.** Combined effect of ozonated water and chitosan on the shelf life of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). Innovative food science & emerging technologies. Vol. 11, No. 1, pp: 108-112.

۳۶. **Rodriguez, A.; Carriles, N.; Cruz, J.M. and Aubourg, S.P., 2008.** Changes in the flesh of cooked farmed.

۳۷. **Selma, M.V.; Ibanez, A.M.; Allende, A.; Cantwell, M. and Suslow, T., 2008.** Effect of gaseous ozone and hot water on microbial and sensory quality of cantaloupe and potential transference of Escherichia coli O157:H7 during cutting. Food Microbiol. Vol. 25, pp: 162-168.

۳۸. **Yousef, A.; Vurma, M. and Rodriguez-Romo, L., 2011.** Basics of Ozone Sanitization and Food Applications. J. Nonthermal Processing Technologies for Food. https://doi. org /10.1002/9780470958360.ch21.

۳۹. **WHO. 1999.**The effect of gamma rays on shelf life,

۴۰. **Zhao, Y.; Yang, X.; Li, L.; Hao, S.; Wei, Y.; Cen, J. and Lin, H., 2017** Chemical, Microbiological, Color & Textural Changes in Nile Tilapia Fillets Sterilized by Ozonated Water Pretreatment During Frozen Storage. Journal of Food Processing and Preservation. Vol. 41, No. 1, pp: e12746.

(DOI): 10.22034/aej.2020.121017

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 3, Autumn 2020

Evaluation of the application of Ozone on increasing the shelf life of Rainbow trout fillet at 4°C

- **Sahar Jasbi:** Department of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
- **Amir Eghbal Khaje Rahimi*:** Department of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
- **Mehdi Nikkhah:** Department of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: May 2019 Accepted: August 2019

Key words: Ozone, Corruption, Shelf Life, Rainbow Trout

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the application of ozone on increasing shelf life of Rainbow trout fillets at +4°C. Four fresh Rainbow trout samples (control treatment and 3 ozone treatments at 5, 10 and 15 minutes) with an average weight of 300 g were prepared and Immediately after rinsing with ordinary water, the fillets were then individually packaged, frozen, and refrigerated after ozone treatment by an ozonator (13 watt power, 200 mg/h). After 3 days in these conditions, all samples were immediately transferred to the laboratory in the ice bag (preserving the cold conditions for the samples) and their microbial and chemical and sensory properties were compared with the untreated sample. The results were analyzed by SPSS software. (3 replicates per treatment). The results showed that over time (days 3, 6, 9), 1,2,3 treatments decreased compared to control treatment in water and tissue retention factors (ability: chewing, cohesion, hardness, elasticity). And increased in microbial load factors, total volatile nitrogenous bases, thiobarbituric acid, *Pseudomonas* counts, colorimetric analysis of light and yellow and blue spectra, and also more favorable in sensory evaluation by Day 3 treatments than in other days accepted.

* Corresponding Author's email: khajehrahimi@yahoo.com