تاثیر عصارهٔ هیدروالکلی تفالهٔ گوجه‌فرنگی به تنهایی و در ترکیب با پوشش خوراکی صمغ عربی حاوی اسانس شوید بر فساد میکروبی فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در شرایط یخچال

- **الهه توکلی**: گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکدهٔ پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
- **بهناز بازگانی‌گیلانی***: گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکدهٔ پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
- **محمدرضا پژوهی‌الموتی**: گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکدهٔ پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ١٣٩٧ تاریخ پذیرش: آذر ١٣٩٧

چکیده

رویکرد جدید صنایع غذایی استفاده از نگه‌دارنده‌های طبیعی به‌جای مصنوعی است. تفالهٔ گوجه‌فرنگی پسماند کارخانجات فرآوری گوجه‌فرنگی است که با اثرات مفید بر سلامتی، می‌تواند جایگزین مناسبی برای نگه‌دارنده‌های شیمیایی معرفی شود. این مطالعه با هدف افزایش ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان توسط عصارهٔ تفالهٔ گوجه‌فرنگی و پوشش صمغ عربی حاوی اسانس شوید انجام شد. تیمارها شامل: گروه‌های شاهد، عصارهٔ ٣ درصد، عصارهٔ ٦ درصد، عصارهٔ ٣ درصد و صمغ عربی، عصارهٔ ٦ درصد و صمغ عربی، عصارهٔ ٣ درصد و صمغ عربی حاوی اسانس شوید ٢ درصد و عصارهٔ ٦ درصد و صمغ عربی حاوی اسانس شوید ٢ درصد بودند. نمونه‌ها در دمای ١±٤ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ١٢ روز نگه‌داری شده و در فواصل ٣ روز مورد ارزیابی قرار گرفتند. تمامی تیمارها به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) جمعیت کلی باکتری‌ها، گونه‌های سودوموناس، باکتری‌های اسیدلاکتیک، انتروباکتریاسه، باکتری‌های سایکروتروف و کپک-مخمر را در مقایسه با گروه شاهد کاهش دادند. هم‌چنین پوشش‌دهی توسط صمغ عربی غنی شده با اسانس شوید به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) این اثرات را بهبود بخشید. براساس یافته‌های به‌دست آمده، نتیجه‌گیری می‌شود که عصارهٔ تفالهٔ گوجه‌فرنگی می‌تواند در ترکیب با پوشش خوراکی صمغ عربی حاوی اسانس شوید موجب کاهش رشد باکتری‌های عامل فساد فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در شرایط یخچال شود.

کلمات کلیدی: عصارهٔ تفالهٔ گوجه‌فرنگی، پوشش صمغ عربی، اسانس شوید، فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، افزایش ماندگاری

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: b.bazargani@basu.ac.ir

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با نام علمی (*Oncorhynchus mykiss*) ازجمله پرمصرف‌ترین و پرطرف‌دارترین گونه‌های ماهی در سراسر دنیا به‌شمار می‌رود. مطالعات اخیر به‌دنبال یافتن راهکارهایی به‌منظور افزایش کیفیت تولید و فرآوری این محصول پرمصرف می‌باشد. این محصول به‌دلیل رطوبت، pH و ترکیبات مغذی (اسیدهای چرب غیراشباع، مواد نیتروژن‌دار غیر پروتئینی) بالا دارای عمر نگه‌داری پایین و فسادپذیری زیاد است. به‌همین دلیل یافتن روش‌های بهینه به‌منظور حفظ کیفیت این فرآورده بسیار ضروری است (Volpe و همکاران، ۲۰۱۵). ازجمله رایج‌ترین راه‌های افزایش‌دهندهٔ ماندگاری محصولات دریایی استفاده از روش‌های فوق سرما و انجماد است. آسیب بافتی، تخریب و کاهش ویتامین‌ها، مواد معدنی و پروتئین‌های محصولات در استفاده از این نوع روش‌ها اجتناب‌ناپذیر است که می‌تواند باعث افت کیفیت و بازارپسندی آن‌ها شود. ازجمله راه‌کارهای معمول دیگر که به‌منظور افزایش ماندگاری موادغذایی انجام می‌شود، استفاده از انواع نگه‌دارنده‌های شیمیایی است. اما امروزه به‌دلیل اثرات جانبی این نگه‌دارنده‌ها نظیر: سرطان‌زایی، ناقص‌الخلقه‌زایی و جهش‌زایی در بدن، صنایع غذایی به‌دنبال یافتن جایگزین‌های مناسب با منشا طبیعی به‌جای نگه‌دارنده‌های شیمیایی هستند (Song و همکاران، ۲۰۱۱؛ Volpe و همکاران، ۲۰۱۵).

گوجه‌فرنگی با نام علمی (*Lycopersicon esculentum* L.) در سال ۲۰۰۵ به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین سبزیجات در دنیا شناخته شد. گوجه‌فرنگی بعد از سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین سبزیجات مورد استفاده در جهان می‌باشد. بخش اعظم گوجه‌فرنگی تولیدی در کارخانجات صنایع تبدیلی گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد که همین موضوع سبب تولید مقادیر زیادی پسماند یا همان تفاله می‌شود (Alaa و همکاران، ۲۰۱۵). براساس تحقیقات انجام شده میزان تولید پسماند یا تفالهٔ صنایع تبدیلی گوجه‌فرنگی در ایران بالغ بر ۱/۵×۱۰۵ تن در سال می‌باشد. در تمامی فرآیندهای تکمیلی گوجه‌فرنگی، پوست و دانهٔ گوجه به‌عنوان تفاله و ضایعات به‌طور کامل از خط خارج می‌شوند، بنابراین بازیافت و استفادهٔ مجدد از آن‌ها ضمن کاهش خطر آلودگی محیط‌زیست و هزینهٔ دفع، سبب تولید محصولاتی با ارزش افزودهٔ بیش‌تر می‌شود. در ایران و بسیاری از کشورهای صنعتی از این ضایعات به‌عنوان خوراک دام و کودهای حیوانی استفاده می‌شود (Aghajanzadeh-Golshani و همکاران، ۲۰۱۰). اما امروزه به‌دلیل پیشرفت علم و فناوری و با توجه به وجود ترکیبات بیواکتیو در آن، علاوه بر کارخانجات غذایی، در کارخانجات دارویی و بهداشتی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌عنوان یک منبع غنی از مواد مغذی و متابولیت‌های ثانویه ازجمله: ویتامین‌های B، E، بتاکاروتن، لیکوپن، فلاونوئیدها، اسیدهای ارگانیک، فنل‌ها و کلروفیل مطرح می‌باشد که در نتیجه می‌تواند موجب کنترل فساد اکسیداتیو، رشد میکروارگانیسم‌های فسادزا و بیماری‌زا و نیز بالا بردن زمان ماندگاری مادهٔ غذایی شود (Navarro-González و همکاران، ۲۰۱۱). از سوی دیگر، به‌دلیل حساسیت ترکیبات نام برده شده به‌حضور اکسیژن و جلوگیری از غیرفعال شدن آن‌ها و افزایش طول مدت تاثیر آن‌ها در مادهٔ غذایی، استفاده از پوشش‌های خوراکی می‌تواند بسیار مفید باشد (Ali و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این‌ها، ازجمله راه‌کارهای افزایش اثرات عوامل ضدمیکروبی در مواد غذایی، کاربرد آن‌ها به همراه پوشش‌های خوراکی در انواع غذاهاست. پوشش‌های خوراکی در حقیقت، لایه‌های نازکی از مواد خوراکی هستند که سدی در مقابل انتقال رطوبت، اکسیژن و مواد حل شده در غذا ایجاد می‌کنند. با اعمال مستقیم پوشش بر سطح غذا، نیاز به بسته‌بندی پلاستیکی تا حدی کاهش می‌یابد در حالی که همان ایمنی را برای محصول فراهم می‌آورد (Dávila Aviña و همکاران، ۲۰۱۴). پوشش‌های خوراکی حامل آنتی‌اکسیدان و یا مواد ضدمیکروبی به‌عنوان بسته‌بندی فعال، برای تیمار مستقیم سطوح گوشت به‌کار رفته و باعث تاخیر در رنسیدیتی، تغییر رنگ نامطلوب و کاهش بار میکروبی می‌شوند (Sánchez-Ortega و همکاران، ۲۰۱۴). پوشش خوراکی صمغ عربی به‌عنوان یک بیوپلیمر طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر است که مخلوطی از گلیکوپروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها بوده و از درخت آکاسیا (Acacia) به‌دست می‌آید. این ماده معروف‌ترین و سالم‌ترین صمغ مورد استفاده در مواد غذایی در سراسر دنیا است که از طریق ممانعت از نفوذ اکسیژن به مادهٔ غذایی، باعث افزایش طول عمر آن می‌گردد (Ali و همکاران، ۲۰۱۰؛ Binsi و همکاران، ۲۰۱۵؛ Negi و Dave، ۲۰۱۰). امروزه به‌منظور افزایش کارایی پوشش‌های خوراکی از انواع اسانس‌های گیاهی با خواص دارویی استفاده می‌کنند. گیاه شوید با نام علمی (*Anethum graveolens*) علاوه بر خواص آنتی اکسیدانی و ضدباکتریایی شناخته شده، یک ترکیب بسیار پرطرفدار برای سرو در کنار ماهی در نزد ایرانیان است که از دیرباز جایگاه ویژه‌ای در سفرهٔ آن‌ها داشته است. این گیاه یک‌ساله و بومی نواحی میانی و جنوب‌غربی آسیاست. هم‌چنین در جنوب اروپا، ایران، مصر، امریکا و چین نیز یافت می‌شود. پراکندگی جغرافیایی این گیاه در ایران در استان‌های فارس، خوزستان، تبریز، خراسان و تفرش می‌باشد. اسانس آن دارای اثرات درمانی بی‌شماری است که این اثرات را به‌حضور انواع ترکیبات فنولی نظیر فلاونوئیدها نسبت داده‌اند (Alizadeh Behbahani و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به مطالب ذکر شده در بالا، مطالعهٔ حاضر با هدف ارزیابی تاثیر عصارهٔ تفالهٔ گوجه‌فرنگی به‌همراه صمغ عربی محتوی اسانس شوید بر ویژگی‌های میکروبی،

شیمیایی و حسی فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در شرایط یخچال صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی فیله‌های ماهی: ماهی قزل‌آلای زنده با وزن تقریبی ۵۵۰ گرم از بازار ماهی‌فروشی خریداری شد و سپس در شرایط کاملاً استریل و در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه قطع دم، سر و تخلیه اعما و احشا صورت گرفت و به‌طور دستی از هر ماهی دو عدد فیله تهیه گردید.

تهیهٔ عصارهٔ تفالهٔ گوجه‌فرنگی: نمونه‌برداری از تفالهٔ گوجه‌فرنگی از انتهای خط تولید رب گوجه‌فرنگی از کارخانهٔ مربوطه صورت گرفت. منظور از تفالهٔ گوجه‌فرنگی، مخلوط پوست، بذر و سایر قسمت‌های گوجه‌فرنگی است که در انتهای خط باقی می‌ماند. تفالهٔ به‌دست‌آمده در دمای محیط و زیر هود استریل خشک شد. نمونهٔ حاصل با استفاده از آسیاب خانگی هاردستون مدل (GRP۲۰۰۲) ساخت کشور انگلستان به پودر تبدیل شد و سپس در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. برای عصاره‌گیری از روش التراسونیک استفاده شد. در این روش، پودر تفالهٔ گوجه‌فرنگی با نسبت ۱:۱۰ (تفاله به حلال) با حلال هیدروالکلی اتانول (۵۰ :۵۰) مخلوط و به‌کمک دستگاه سونیکاتور با پاور ۵۰ و در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه عصاره‌گیری شد. بعد از طی زمان استخراج، عصاره‌ها با کاغذ صافی واتمن شمارهٔ یک و قیف بوخنر فیلتر شدند و بخش جامد کاملاً جدا گردید. سپس به‌منظور تغلیظ عصارهٔ به‌دست آمده، محلول به‌دستگاه روتاری تبخیری با دمای ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد منتقل شد. بعد از تغلیظ شدن، عصاره به دستگاه فریز درایر منتقل شده و حذف کامل حلال توسط آن صورت گرفت (Ghorbani و همکاران، ۲۰۱۳؛ Shirmohammadi و Zarringhalami، ۲۰۱۷).

آماده‌سازی محلول‌های پوشش: محلول صمغ عربی ۱۰ درصد درون آب مقطر استریل تهیه شد (Binsi و همکاران، ۲۰۱۵؛ Maqbool و همکاران، ۲۰۱۱). سپس به آن به اندازهٔ ۰/۷۵ درصد گلیسرول به‌عنوان پلاستی سایزر اضافه گردید. در مورد تیمارهایی که در آن‌ها اسانس به‌کار می‌رفت، به‌منظور پخش یکنواخت و کامل اسانس در محلول صمغ عربی، ابتدا اسانس مورد نظر با توئین ۸۰ مخلوط شد و سپس به محلول صمغ افزوده شد. پس محلول نهایی صمغ عربی در مورد تیمارهای دارای اسانس، حاوی ۱۰ درصد صمغ عربی، ۰/۷۵ درصد گلیسرول، ۰/۲ درصد تونین ۸۰ و ۲ درصد اسانس شوید بود (Ojagh و همکاران، ۲۰۱۰). محلول‌های عصارهٔ ۳ و ۶ درصد نیز به‌طور جداگانه با استفاده از آب مقطر استریل تهیه شدند.

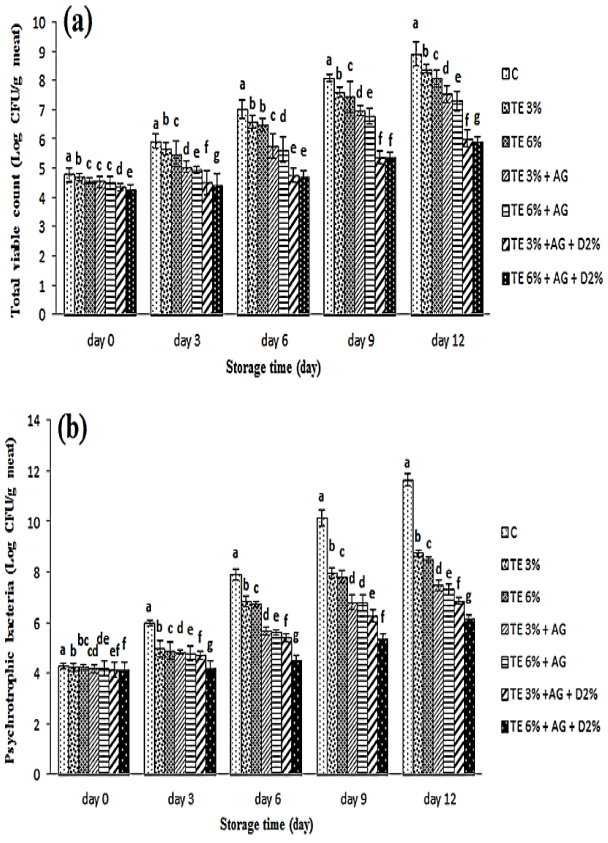
غوطه‌وری و پوشش‌دار کردن فیله‌های ماهی: برای غوطه‌ورسازی، فیله‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در محلول‌های عصاره، صمغ عربی و در آب مقطر استریل (گروه شاهد) تهیه‌شده فرو برده و پس از ۱ دقیقه آبچکی و خشک شدن در زیر هود، بسته‌بندی نمونه‌ها در بسته‌های پلاستیکی صورت پذیرفت و درنهایت نمونه‌ها در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۱۲ روز نگه‌داری شدند و هر ۳ روز نمونه‌برداری از آن‌ها انجام گردید (روز ۰، ۳، ۶، ۹ و ۱۲) و در این روزها آزمایشات میکروبی روی نمونه‌ها صورت گرفت. در مورد تیمار حاوی عصاره و پوشش صمغ عربی، ابتدا نمونه‌های مورد نظر درون محلول عصاره فرو برده می‌شد و بعد از خشک شدن، درون محلول صمغ قرار می‌گرفت (Ojagh و همکاران، ۲۰۱۰). تیمارهای مورد مطالعه شامل: گروه اول) تیمار نمونه با آب مقطر استریل (C)، گروه دوم) تیمار نمونه با عصارهٔ ۳ درصد (TE٪۳)، گروه سوم) تیمار نمونه با عصارهٔ ۶ درصد (TE٪۶)، گروه چهارم) تیمار نمونه با عصارهٔ ۳ درصد و صمغ عربی (TE 3%+AG)، گروه پنجم) تیمار نمونه با عصارهٔ ۶ درصد و صمغ عربی (TE 6%+AG)، گروه ششم) تیمار نمونه با عصارهٔ ۳ درصد و صمغ عربی غنی شده با اسانس شوید ۲ درصد (TE 3%+AG+D 2%)، گروه هفتم) تیمار نمونه با عصارهٔ ۶ درصد و صمغ عربی غنی شده با اسانس شوید ۲ درصد (TE 6%+AG+D 2%) بودند.

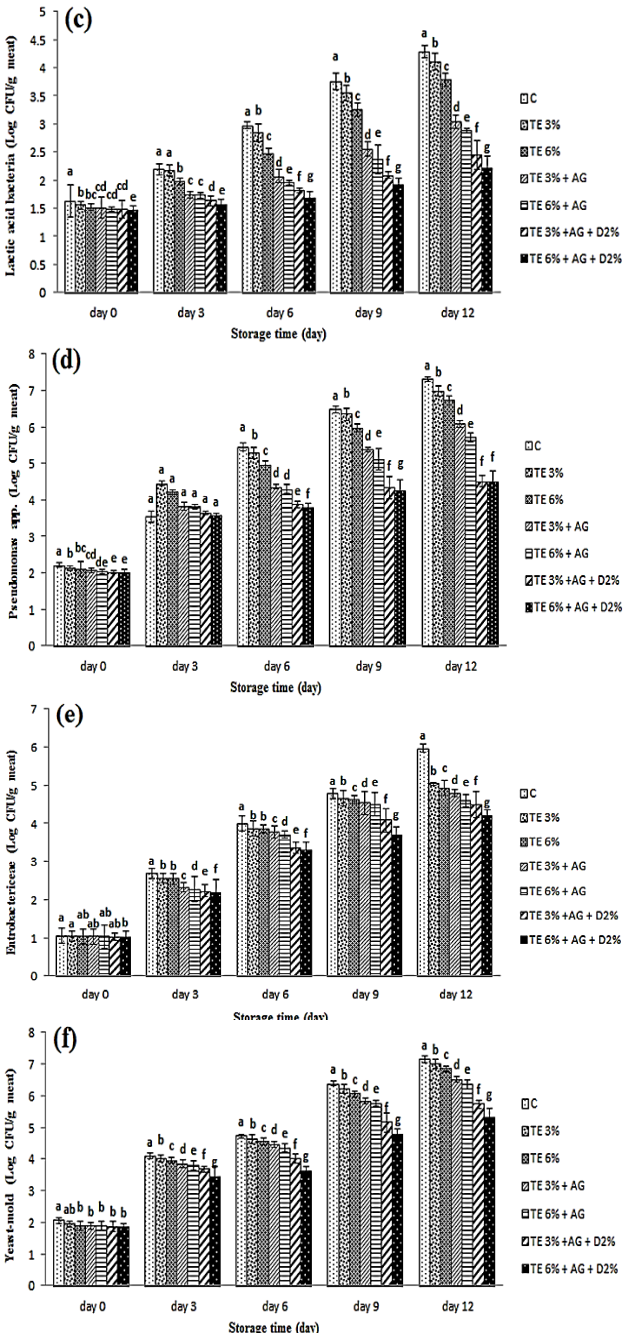
آزمایش‌های میکروبی: مقدار ۲۵ گرم نمونه به‌همراه ۲۲۵ میلی‌لیتر آب پپتونهٔ ۰/۱ درصد درون کیسهٔ مخصوص استومکر مخلوط و در استومکر (Stomacher 400, Circulator, Seward) با ۲۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۶۰ ثانیه هموژن شد. سپس رقت‌های بعدی در لوله‌های حاوی آب پپتونهٔ ۰/۱ درصد تهیه شد و در پلیت‌های حاوی محیط کشت، کشت داده شد. آزمایشات میکروبی انجام گرفته شامل شمارش جمعیت کلی باکتری‌ها، سایکروتروف‌ها، باکتری‌های اسید لاکتیک، سودوموناس‌ها، انتروباکتریاسه و کپک و مخمر بود (Volpe و همکاران، ۲۰۱۵).

تجزیه‌و تحلیل آماری: برای انجام آزمایشات مختلف، سه نمونهٔ مجزا از هر بسته به‌ازای هر مرحله آزمایش مورد بررسی قرار گرفت (آزمایشات در کلیهٔ مراحل در سه تکرار انجام شد). آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و نرم‌افزار IBM spss statistics 21) SPSS) و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون توکی (Tukey's test) انجام شد. مقادیر $p<0/05$ معنی‌دار در نظر گرفته شد. ضمناً داده‌ها در اشکال به‌صورت میانگین± انحراف استاندارد (SD) ذکر گردید.

نتایج

شکل ۱ (نمودارهای a-f) نتایج آنالیز میکروبی نمونه‌ها را در طی ۱۲ روز نگه‌داری در شرایط یخچال نشان می‌دهند. در تمام نمودارها یک روند رو به رشدی در جمعیت کلی باکتری‌ها، سایکروتروف‌ها، باکتری‌های اسیدلاکتیک، سودوموناس‌ها، انتروباکتریاسه و کپک و مخمر در تمام تیمارها با افزایش زمان نگه‌داری دیده می‌شود. گروه شاهد بیش‌ترین جمعیت میکروارگانیسم‌ها را در تمام روزهای آنالیز به خود اختصاص داده و تیمارهای TE 3%، TE 6%، TE 3%+AG، TE 6%+AG، TE 3%+AG+D 2% و TE 6%+AG+D 2% به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند. براساس یافته‌های به‌دست آمده، تمامی تیمارها در مهار جمعیت میکروبی در طول دورهٔ نگه‌داری اختلاف معنی‌داری($p<۰/۰۵$)بایکدیگر دارند.هم‌چنین بین اثرات ضدباکتریایی عصاره‌با غلظت آن رابطهٔ مستقیمی وجود دارد که این اثرات با استفاده از پوشش صمغ عربی تقویت شده و توسط اسانس شوید به اوج خود رسیده است. به گونه‌ای که تیمار حاوی عصارهٔ ۶ درصد و صمغ عربی غنی شده با اسانس، بهترین گروه در مهار جمعیت میکروب‌ها است.





شکل ۱: نمودار میانگین تعداد جمعیت کلی باکتری‌ها a، سایکروتروف‌ها b، اسیدلاکتیک c، گونه‌های سودوموناس d، انتروباکتریاسه e و کپک مخمر f (Log CFU/g) در تیمارهای مختلف طی زمان نگه‌داری در دمای ۱±۴ °C.

تیمارها: شاهد (C)، عصارهٔ ۳ درصد (TE 3%)، عصارهٔ ۶ درصد (TE 6%)، عصارهٔ ۳ درصد و صمغ عربی(TE 3%+AG) ، عصارهٔ ۶ درصد و صمغ عربی (TE 6%+AG) ، عصارهٔ ۳ درصد و صمغ عربی غنی شده با اسانس شوید ۲ درصد (TE 3%+AG+D 2%)، عصارهٔ ۶ درصد و صمغ عربی غنی شده با اسانس شوید ۲ درصد (TE 6%+AG+D 2%). حروف غیرمشابه نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) است.

بحث

Barbieri و همکاران (۲۰۱۷) اثرات ضدباکتریایی گیاه گوجه‌فرنگی را به‌حضور دو ترکیب مهم به نام‌های توماتیدین و لیکوپن که به‌ترتیب جزء دستهٔ آلکالوئیدها و کاروتنوئیدها هستند، نسبت دادند. آن‌ها اعلام کردند توماتیدین که یک آلکالوئید استروئیدی است با جلوگیری از بیان ژن فاکتورهای حدت باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم (MRSA=Multi-Resistant Staphylococcus aureus) و هم‌چنین ممانعت از همانندسازی آن‌ها اثرات ضدباکتریایی خود را اعمال می‌کند. نتایج مطالعهٔ آن‌ها نشان داد که حتی این ترکیب می‌توانید عملکرد سینرژیستی با برخی آنتی‌بیوتیک‌ها نظیر دستهٔ آمینوگلیکوزیدها علیه باکتری‌ها داشته باشد. تحقیقات آن‌ها نشان داد که لیکوپن اثر مهاری بر رشد باکتری باسیلوس سوبتیلیس دارد. Chagnon و همکاران (۲۰۱۴)، فعالیت ضدباکتریایی توماتیدین را به ساختار منحصر به‌فرد آن که شبیه به ساختار آنتی‌بیوتیک‌های دستهٔ آمینوگلیکوزید نظیر جنتامایسین است نسبت داده‌اند. Østerlie و همکاران (۲۰۰۵)، به بررسی تاثیر لیکوپن استخراج شده از عصارهٔ تفالهٔ گوجه‌فرنگی بر گوشت چرخ شدهٔ گاو پرداختند. آنان اعلام کردند که افزودن لیکوپن به گوشت باعث کاهش pH آن و درنتیجه کاهش رشد جمعیت کلی باکتری‌ها می‌گردد. علاوه بر این، اضافه کردن لیکوپن گوجه‌فرنگی به گوشت چرخ شدهٔ گاو می‌تواند موجب افزایش ماندگاری، ایجاد طعم و رنگ ذائقه‌پسند در محصول و نیز آثار مفید بر سلامتی مصرف‌کنندگان شود. Silva-Beltrán و همکاران (۲۰۱۵)، اثرات ضدباکتریایی عصارهٔ نواحی مختلف گیاه گوجه‌فرنگی (میوه، ساقه، برگ و ریشه) را بر باکتری‌های ا.کلای O157:H7، سالمونلا تیفی‌موریوم، استافیلوکوکوس اورئوس، لیستریا ایوانوی گزارش کردند. آن‌ها این اثرات را به‌حضور ترکیبات بیواکتیو نظیر آلکالوئیدها (توماتین و توماتیدین)، کاروتنوئیدها (لیکوپن)، فلاوونوئیدها، کلروفیل‌ها و فنول‌ها نسبت دادند.

در مطالعه‌ای که توسط Binsi و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد، مشخص گردید که کاربرد پوشش خوراکی صمغ عربی در ماهی ماکرل هندی در مقایسه با بسته‌بندی‌های گران تحت خلا و بسته‌بندی‌های مرسوم پلی‌اتیلنی به‌طور معنی‌داری منجر به تاخیر فساد رشد جمعیت کلی باکتری‌ها، انتروباکتریاسه و باکتری‌های اسیدلاکتیک و سودوموناس‌ها شد. آن‌ها اعلام کردند که این اثرات مربوط به توانایی صمغ عربی در ایجاد پوششی یکنواخت در سطح ماهی است که مانع از نفوذ هوا به سطح آن می‌شود. نتایج آنالیز حسی نیز نشان‌دهندهٔ برتری پوشش صمغ عربی در مقایسه با دیگر پوشش‌ها بود. Negi و Dave (۲۰۱۵) خواص ضدباکتریایی انواع عصاره‌های برگ درخت آکاسیای هندی را که تولیدکنندهٔ صمغ عربی است، علیه باسیلوس سوبتیلیس، استافیلوکوکوس اورئوس، سالمونلا تیفی، ا.کلای، سودوموناس آئروژینوزا و کاندیدا آلبیکنز گزارش کردند. آن‌ها این اثرات را مربوط به گروهی از ترکیبات از دستهٔ فیتوپروتکتان به نام ترپن‌ها دانستند. این ترکیبات مربوط به بخشی از سیستم دفاعی این گیاه به‌شمار می‌روند.

براساس نتایج مطالعهٔ Alizadeh Behbahani و همکاران (۲۰۱۶)، اسانس گیاه شوید همراه با نوعی پوشش خوراکی گیاهی باعث افزایش ماندگاری گوشت گاو در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد توسط به تعویق انداختن فساد اکسیداتیو و فساد میکروبی گردید. در این مطالعه اثرات ضدباکتریایی قابل توجه اسانس گیاه شوید علیه جمعیت کلی باکتری‌ها، باکتری‌های سایکروتروف، اشریشیا کلای، استافیلوکوکوس اورئوس، کپک و مخمرها نشان داده شد. آن‌ها این اثرات را مربوط به‌حضور مقادیر بالای فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی در اسانس گیاه شوید دانستند و اسانس این گیاه را یک ترکیب پرقدرت آنتی‌اکسیدان و ضدمیکروب معرفی نمودند.

براساس یافته‌های مطالعهٔ حاضر، نتیجه‌گیری می‌شود که فرمولاسیون مورد استفاده تاثیر چشمگیری در کاهش رشد عوامل فساد میکروبی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دارد. با توجه به استفادهٔ بهینه از ضایعات گوجه‌فرنگی، طبیعی بودن ترکیبات به‌کار رفته، اثرات مفید اثبات شدهٔ آن‌ها بر سلامتی، ذائقه‌پسندی و نیز ارزانی و در دسترس بودن آن‌ها، می‌توان این فرمولاسیون را جایگزین مناسبی برای نگه‌دارنده‌های شیمیایی مضر و گران‌قیمت مورد استفاده در گوشت ماهی، به‌شمار آورد.

منابع

۱. **Aghajanzadeh-Golshani, A.; Maheri-Sis, N.; Mirzaei Aghsaghali, A. and Baradaran-Hasanzadeh, A., 2010.** Comparison of nutritional value of tomato pomace and brewer's grain for ruminants using in vitro gas production technique. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances. Vol. 5, pp: 43-51.

۲. **Alaa, A.; Gaafar Mohsen, S.; Asker Zeinab, A.; Salama Bagato, O. and Ali, M.A., 2015.** In-vitro, antiviral, antimicrobial and antioxidant potential activity of tomato pomace. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research. Vol. 32, pp: 262-272.

۳. **Ali, A.; Maqbool, M.; Ramachandran, S. and Alderson, P.G., 2010.** Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology. Vol. 58, pp: 42-47.

۴. **Alizadeh Behbahani, B.; Shahidi, F.; Tabatabaei Yazdi, F.; Mortazavi, S.A. and Mohebbi, M., 2017.** Use of *Plantago major* seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. International Journal of Biological Macromolecules. Vol. 94, pp: 515-526.

۵. **Barbieri, R.; Coppo, E.; Marchese, A.; Daglia, M.; Sobarzo-Sánchez, E.; Nabavi, S.F. and Nabavi,**

S.M., 2017. Phytochemicals for human disease: An update on plant-derived compounds antibacterial activity. Microbiological Research. Vol. 196, pp: 44-68.

۶. **Binsi, P.K.; Nayak, N.; Ravishankar, C.N.; Sarkar, P.C.; Sahu, U. and Ninan, G., 2015.** Comparative evaluation of gum arabic coating and vacuum packaging on chilled storage characteristics of Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). Journal of Food Science and Technology. Vol. 53, pp: 1889-1898.

۷. **Chagnon, F.; Guay, I.; Bonin, M.A.; Mitchell, G.; Bouarab, K.; Malouin, F. and Marsault, E., 2014.** Unraveling the structure activity relationship of tomatidine, a steroid alkaloid with unique antibiotic properties against persistent forms of *Staphylococcus aureus*. European Journal of Medicinal Chemistry. Vol. 80, pp: 605-620.

۸. **Dávila-Aviña, J.E.; Villa-Rodríguez, J.A.; Villegas-Ochoa, M.A.; Tortoledo-Ortiz, O.; Olivas, G.I.; Ayala-Zavala, J.F. and González-Aguilar, G.A., 2014.** Effect of edible coatings on bioactive compounds and antioxidant capacity of tomatoes at different maturity stages. Journal of Food Science and Technology. Vol. 51, pp: 2706-2712.

۹. **Ghorbani, M.; Aboonajmi, M.; Ghorbani Javid, M. and Arabhosseini, A., 2017.** Effect of ultrasound extraction conditions on yield and antioxidant properties of the fennel seed (*Foeniculum vulgare*) extract. Journal of Food Science and Technology. Vol. 67, pp: 63-73.

۱۰. **Maqbool, M.; Ali, A.; Alderson, P.G.; Zahid, N. and Siddiqui, Y., 2011.** Effect of a novel edible composite coating based on gum arabic and chitosan on biochemical and physiological responses of banana fruits during cold storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 59, pp: 5474-5482.

۱۱. **Navarro-González, I.; García-Valverde, V.; García Alonso, J. and Jesús Periago, M., 2011.** Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. Food Research International. Vol. 44, pp: 1528-1535.

۱۲. **Negi, B.S. and Dave, B.P., 2010.** In vitro antimicrobial activity of acacia catechu and its phytochemical analysis. Indian Journal of Microbiology. Vol. 50, pp: 369-374.

۱۳. **Ojagh, S.M.; Rezaei, M.; Razavi, S.H. and Hosseini, S.M.H., 2010.** Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chemistry. Vol. 120, pp: 193-198.

۱۴. **Østerlie, M. and Lerfall, J., 2005.** Lycopene from tomato products added minced meat: Effect on storage quality and color. Food Research International. Vol. 38, pp: 925-929.

۱۵. **Sánchez-Ortega, I.; Amaro-Reyes, A.; García Almendárez, B.E.; Barboza-Corona, J.E.; Santos-López, E.M. and Regalado, C., 2014.** Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. The Scientific World Journal. Vol. 41, pp: 102-110.

۱۶. **Shirmohammadi, M. and Zarringhalami, S., 2017.** Effect of extraction method and ultrasound on extraction efficiency and bioactive compounds of ethanolic flaxseed powder extract. Journal of Food Science and Technology. Vol. 67, pp: 11-18.

۱۷. **Silva-Beltrán, N.P.; Ruiz-Cruz, S.; Cira-Chávez, L.A.; Estrada-Alvarado, M.I.; Ornelas-Paz, J.D.J.; López Mata, M.A.; Del-Toro-Sánchez, C.L.; Ayala-Zavala, J.F. and Márquez-Ríos, E., 2015.** Total phenolic, flavonoid, tomatine, and tomatidine contents and antioxidant and antimicrobial activities of extracts of tomato plant. International Journal of Analytical Chemistry. Vol. 23, pp: 1-10.

۱۸. **Song, Y.; Liu, L.; Shen, H.; You, J. and 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. Vol. 22, pp: 608-615.

۱۹. **Volpe, M.G.; Siano, F.; Paolucci, M.; Sacco, A.; Sorrentino, A.; Malinconico, M. and Varricchio, E., 2015.** Active edible coating effectiveness in shelf-life enhancement of trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. LWT- Food Science and Technology. Vol. 60, pp: 615-622.