Journal of Aquaculture Sciences 13(24): 24-36 (2025)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۳، شماره ۲۴: ۲۴-۳۶ (۱۴۰۴)

مهار رشد باکتری *Staphylococcus aureus* در سوریمی کپور معمولی با استفاده از اسانس دانه رازیانه *Foeniculum vulgare*

صفورا بهرامی[۱]، ابراهیم علیزاده دوغیکلایی[۱*]، محسن شهریاری مقدم[۲]

[۱]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
[۲]گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۳۱ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۶**

چکیده

هدف این تحقیق بررسی تأثیر اسانس دانه رازیانه بر کیفیت سوریمی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تلقیح شده (10^3 CFU/g) با *استافیلوکوکوس اورئوس* طی نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) می باشد. استخراج اسانس دانه رازیانه با استفاده از دستگاه کلونجر به روش تقطیر آبی انجام و سپس ترکیبات شیمیایی آن به‌وسیله دستگاه گازکروماتوگرافی–طیف نگار جرمی آنالیز گردید. سپس غلظت‌های ۴، ۶ و ۸ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه به سوریمی تلقیح شده با *استافیلوکوکوس اورئوس* اضافه گردید. پس از ۲۴، ۷۲، ۱۴۴، ۲۱۶ و ۲۸۸ ساعت نگهداری در یخچال فراسنجه‌های میکروبی (شمارش باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس*، باکتری‌های مزوفیل هوازی (TVC) و باکتری‌های سرمادوست (PTC)) و شیمیایی (pH، مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) و تیوباربیتوریک اسید (TBA)) اندازه‌گیری شدند. نتایج آنالیز اسانس با GC/MS نشان داد که ترانس‌آنتول (۸۷ درصد) بیشترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس دانه رازیانه را دارا می‌باشد. با گذشت زمان رشد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمونه‌های شاهد افزایش ولی در تیمارهای حاوی اسانس دانه رازیانه کاهش یافت. به‌طوریه‌که در تیمارهای حاوی ۶ و ۸ میکرولیتر بر گرم اسانس پس از ۲۸۸ ساعت به صفر رسید. طی نگهداری در یخچال فراسنجه‌های میکروبی (TVC و PTC) و شیمیایی (pH، TBA و TVB-N) تیمارها افزایش یافت اما تیمارهای حاوی اسانس افزایش کمتری داشتند. نتایج این تحقیق نشان داد که اسانس دانه رازیانه سبب افزایش زمان ماندگاری سوریمی کپور معمولی هنگام نگهداری در یخچال گردید. بنابراین می‌توان خاصیت آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریایی اسانس دانه رازیانه را نتیجه‌گیری کرد و از آن به‌عنوان یک نگهدارنده طبیعی استفاده نمود.

کلید واژگان: *استافیلوکوکوس اورئوس*، دانه رازیانه، استخراج اسانس، سوریمی، زمان ماندگاری

*نویسنده مسئول alizadeh@uoz.ac.ir

مقدمه

گوشت تازه و فرآورده‌های آن به آسانی توسط میکروارگانیسم‌ها آلوده شده و اگر به‌درستی حمل و نقل و نگهداری نگردند، باکتری‌های عامل فساد و پاتوژن در آن رشد کرده و منجر به کاهش کیفیت و تهدید سلامت عمومی می‌گردند (Vernozy-Rozand *et al*., 2002). برای تولید برخی از محصولات غذایی از یک ماده حد واسط به‌عنوان ماده اولیه در صنایع غذایی استفاده می‌شود. یکی از این مواد سوریمی بوده که از شستشوی گوشت چرخ شده ماهی بدون استخوان تهیه می‌گردد (Shaviklo and Johannsson, 2006). از ویژگی‌هایی سوریمی می‌توان به چربی کم، ارزش غذایی بالا، طعم مناسب، کلسترول کم و میزان پروتئین بالا اشاره نمود (Zhou *et al*., 2017). این فرآورده هنگام تولید با دستکاری همراه است در نتیجه امکان آلوده‌گی ثانویه باکتریایی در آن وجود دارد. باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* (*Staphylococcus aureus*) از باکتری‌هایی است که موجب آلودگی ثانویه ماهی از طریق دستکاری انسان هنگام فرآوری می‌شود (Dinges *et al*., 2000). این باکتری از مهمترین عوامل بیماری‌زای ناشی از مصرف مواد غذایی در دنیا است و موجب ایجاد بیماری‌های گوارشی با تولید سموم مختلفی از قبیل استافیلوکوکال می‌شود (Kim *et al*., 2018). استفاده از مواد نگهدارنده یکی از روش‌های کنترل بار میکروبی و حفظ کیفیت فرآورده‌های مختلف ماهی می‌باشد. با توجه به این که کاربرد افزودنی‌های شیمیایی در مواد غذایی نگرانی‌هایی را در مصرف‌کننده، علی‌رغم کارایی بالا و قیمت کم نگهدارنده‌های سنتزی، ایجاد کرد. حائز اهمیت است تا مطالعه برای جایگزینی این مواد با عملکرد مشابه انجام گردد (Kong *et al*., 2018). اسانس گیاهان از مهمترین نگهدارنده‌های طبیعی محسوب می‌شوند که قادر به کنترل رشد عوامل بیماری‌زا و تولید سم توسط میکروارگانیسم‌ها می‌باشند. همچنین اسانس‌ها دارای خاصیت ضداکسیداسیون، ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدویروسی‌اند (Pudziuvelyte *et al*., 2017). ترکیبات فنلی اسانس‌ها عمدتاً دارای خصوصیات ضد میکروبی بوده (Burt, 2004) و وزن مولکولی کم ترپن‌ها و مونوترپن‌ها موجود در اسانس‌ها سبب می‌گردد که به‌راحتی از طریق غشاهای سلولی عبور کرده و باعث اختلالات غشایی گردند (Tian *et al*., 2011).

گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) از گیاهان معطر و شناخته شده در علوم پزشکی است که به‌طور گسترده به‌عنوان ضد نفخ، بهبوددهنده دستگاه گوارش، افزایش‌دهنده شیر و درمان‌کننده ناراحتی‌های تنفسی و گوارشی به‌کار می‌رود. از دانه های این گیاه نیز در پخت گوشت قرمز و ماهی استفاده می‌شود. فنل، گلیکوزیدهای فنولی، ترانس آنتول، استرول‌ها و فنکون‌ها از مهمترین مواد مؤثره این گیاه هستند (Rather *et al*., 2016). مطالعات انجام شده آزمایشگاهی نیز نشان داده است اسانس و عصاره دانه رازیانه دارای خواص آنتی‌اکسیدانی (Roby *et al*., 2013)، خواص ضد باکتریایی بر ضد باکتری‌های مختلفی از قبیل *Echerichia coli*، *Staphylococcus aureus* و *Helicobacter pylri* (Mahady *et al*., 2005; Mohsenzadeh, 2007) و ضد سرطان است (Villarini *et al*., 2014; Sharopov *et al*., 2017). تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه استفاده از اسانس‌های گیاهی برای افزایش زمان ماندگاری فیله (Abdollahi *et al*., 2014; Ozogul *et al*., 2017)، گوشت چرخ شده ماهی (Abdollahzadeh *et al*., 2014) و محصولات ساخته شده از گوشت ماهی انجام شده است. با این وجود مطالعات اندکی روی کیفیت سوریمی کپور معمولی با استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی (فرجامی و حسینی، ۱۳۹۴؛ زمانی و همکاران، ۱۴۰۰) محصولات ساخته شده از سوریمی (Kong *et al*., 2018) صورت گرفته است. بنابراین هدف این مطالعه بررسی تأثیر اسانس دانه رازیانه بر کیفیت سوریمی کپور معمولی تلقیح شده با باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* طی نگهداری در یخچال می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه اسانس دانه رازیانه: دانه گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) از شهرستان زابل تهیه گردید. استخراج اسانس با استفاده از دستگاه کلونجر به روش تقطیر آبی، از مخلوط ۶۰ گرم پودر دانه رازیانه با ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، پس از ۴ ساعت انجام گرفت. سپس با سولفات سدیم آبگیری و در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد داخل ویال های شیشه‌ای تیره نگهداری شد (Bellik, 2014).

ارزیابی ترکیبات شیمیایی اسانس دانه رازیانه: جهت شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس دانه رازیانه از دستگاه

جدول ۱- تیمارهای مختلف آزمایش

تیمارها	*استافیلوکوکوس اورئوس* (CFU/g)	اسانس دانه رازیانه (میکرولیتر بر گرم)
شاهد	$۱۰^۳$	–
۱	$۱۰^۳$	۴
۲	$۱۰^۳$	۶
۳	$۱۰^۳$	۸

کروماتوگراف گازی (Hewlet Packard 6890N) نوع HP-5MS استفاده گردید. این دستگاه دارای ستون مویینه به طول ۳۱ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه داخلی ۰/۲۵ میکرومتر است. برنامه دمایی ستون بدین صورت بود که ابتدا دمای آون به ۵۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و پس از ۶ دقیقه توقف دما تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳ درجه در دقیقه افزایش یافت و سپس با سرعت ۱۵ درجه در هر دقیقه دمای ستون به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید و به‌مدت ۳ دقیقه در این دما متوقف گردید. از گاز هلیوم با سرعت جریان ۰/۸ میلی‌متر در دقیقه به‌عنوان گاز حامل و دمای اتاقک تزریق ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. از طیف نگار جرمی (Hewlet Packard 5973N) با دمای یونیزاسیون (۲۲۰ درجه سانتی‌گراد)، ولتاژ یونیزاسیون (۷۰ الکترون ولت) و شناساگر EI استفاده گردید (آخوندزاده بستی و همکاران، ۱۳۸۳).

آماده‌سازی باکتری استافیلوکوکوس‌اورئوس برای تلقیح: باکتری *استافیلوکوکوس‌اورئوس* (PTCC 1189) از بانک ذخایر ژنتیک ایران-تهران تهیه و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد با محیط کشت BHI (Brain Heart Infusion broth) فعال گردید. باکتری فعال شده به محیط کشت BHI منتقل شد و پس از دو بار پاساژ دادن در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ ساعت، باکتری سانتریفیوژ و پس از تهیه رقت سریالی برای تلقیح به سوریمی ($۱۰^۳$ CFU/g) استفاده گردید.

تهیه سوریمی و تیمارها: ماهی‌کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) از بازار ماهی‌فروشان شهرستان زابل تهیه و سپس به‌همراه یخ به آزمایشگاه فرآوری محصولات شیلاتی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل منتقل شد. ماهی‌ها پس از شستشو، تخلیه امعاء و احشاء فیله گردیدند. برای چرخ کردن فیله از چرخ‌گوشت (مدلM.G.1400، پارس خزر، ایران) با قطر منافذ چهار میلی‌متری استفاده گردید. گوشت‌چرخ شده در آب خنک (دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد) به نسبت ۱ به ۴ دو بار با آب مقطر و سپس دو بار با محلول آب نمک (۰/۳ درصد) هر بار به‌مدت ۱۵ دقیقه شستشو شد (Luo *et al*., 2008). سپس با استفاده از پارچه تنظیف آب‌گیری به روش دستی انجام و سوریمی تهیه گردید. تست جداسازی *استافیلوکوکوس اورئوس* جهت حصول اطمینان از وجود یا عدم وجود باکتری *استافیلوکوکوس‌اورئوس* در سوریمی تهیه شده انجام گردید. سپس سوریمی هموژن شده با باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* تلقیح ($۱۰^۳$CFU/g) (Oroojalian *et al*., 2010) و اسانس دانه رازیانه در غلظت‌های ۴، ۶ و ۸ میکرولیتر بر گرم اضافه گردید (جدول ۱). تیمارها پس از بسته‌بندی در یخچال (۴°C) قرار گرفته و در زمان‌های ۲۴، ۷۲، ۱۴۴، ۲۱۶ و ۲۸۸ ساعت فراسنجه‌های میکروبی (شمارش باکتری *استافیلوکوکوس‌اورئوس*، باکتری‌های مزوفیل هوازی (TVC) و باکتری‌های سرمادوست (PTC)) و شیمیایی (pH، مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) و تیوباربیتوریک اسید (TBA)) اندازه‌گیری شدند. تمام آزمایش‌ها با سه تکرار انجام شد.

فراسنجه‌های میکروبی: ۱۰ گرم سوریمی با ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی مخلوط و توسط دستگاه هموژنایزر (IKA Germany, T10 basic) همگن گردید. نمونه‌ها به‌طور سریالی رقیق و به روش کشت سطحی در پلیت‌های حاوی محیط کشت برد پارکر آگار برای شمارش باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* کشت داده شد. شمارش پس از ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انجام گردید (Wu and Su, 2014). نمونه‌ها برای شمارش بار باکتری‌های مزوفیل هوازی (TVC) و سرمادوست (PTC) به‌طور سطحی بر روی محیط کشت نوترینت آگار پخش و کشت داده شدند. سپس پلیت‌ها ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای بار باکتری‌های مزوفیل هوازی و پس از ۱۰ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد برای باکتری‌های سرمادوست شمارش شدند (Arashisar *et al*., 2004).

جدول ۲- ترکیبات تشکیل دهنده اسانس دانه رازیانه با استفاده از آنالیز GC/MS

کیفیت	نام ترکیب	درصد	زمان استخراج
۹۷	ALPHA.-PINENE	۰/۷۰	۶/۲۷۶
۹۸	Camphene	۰/۱۲	۶/۷۶۴
۹۸	Sabinene	۰/۲۴	۷/۶۵۲
۹۷	2-.BETA.-PINENE	۰/۰۳	۷/۷۵۵
۹۷	.beta.-Myrcene	۰/۳۷	۸/۳۴
۹۱	l-Phellandrene	۰/۱۶	۸/۸۳۳
۹۷	Cimene	۰/۰۶	۹/۶۷۵
۹۸	Limonene	۸/۲۰	۹/۹۰۱
۹۶	cis-Ocimene	۰/۶۴	۱۰/۲۷۱
۹۷	.gamma.-Terpinene	۰/۱۱	۱۱/۱۱۳
۹۵	.Fenchone	۶/۷۱	۱۲/۵۱۵
۹۸	Camphor	۰/۲۷	۱۴/۸۲۱
۹۷	4-Terpineol	۰/۰۴	۱۶/۳۹۸
۹۸	Benzene, 1-methoxy-4-(2-propenyl)-	۳/۶۰	۱۵/۴۶۸
۹۱	.alpha.-Fenchyl acetate	۰/۱۱	۱۹/۰۷۸
۹۶	p-Mentha-6,8-dien-2-one	۱/۸۱	۱۹/۷۳
۹۸	TRANS-ANETHOLE	۰/۱۰	۲۰/۲۳۴
۹۷	Anisaldehyde	۰/۴۲	۲۰/۷۳۷
۹۵	TRANS-ANETHOLE	۸۷/۰۰	۲۲/۷۰۴
۹۸	.alpha.-Copaene	۰/۰۴	۲۵/۷۱۳
۹۹	GERMACRENE-D	۰/۲۰	۲۹/۵۷۵
۹۷	Dillapiole	۰/۰۷	۳۴/۲۴۳

فراسنجه‌های شیمیایی: برای اندازه‌گیری pH، ۵ گرم سوریمی با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر در یک همزن به‌مدت ۳۰ ثانیه به‌خوبی مخلوط شد. سپس pH نمونه‌ها با دستگاه pH متر دیجیتالی که در pH ۴ و ۷ کالیبره شده بود، اندازه‌گیری گردید (AOAC, 2005). مجموع بازهای نیتروژنی فرار (AOAC, 2002) و تیوبار بیتوریک اسید (Namulema *et al.*, 1999) در کل دوره اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: ابتدا داده‌ها از لحاظ نرمال بودن بررسی و پس از اطمینان، از طرح کاملاً تصادفی و تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) برای تأثیر تیمارها و زمان نگهداری استفاده گردید. در صورت وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها از آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵ درصد استفاده گردید. از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های استفاده گردید.

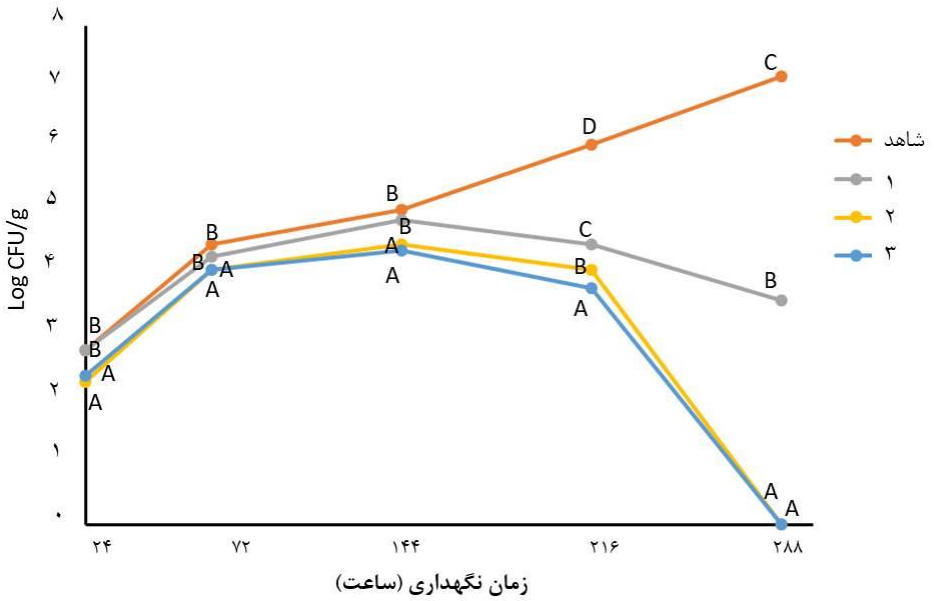
نتایج

ارزیابی ترکیبات شیمیایی اسانس دانه رازیانه: جدول ۲ نتایج ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس دانه رازیانه پس از آنالیز با GC/MS را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است اسانس دانه رازیانه دارای ۲۲ ترکیب شیمیایی می‌باشد. بیشترین میزان ترکیبات اسانس دانه رازیانه را ترانس آنتول (۸۷/۰۰٪)، لیمونن (۸/۲۰٪) و فنکون (۶/۷۱٪) تشکیل داده‌اند.

فراسنجه های میکروبی

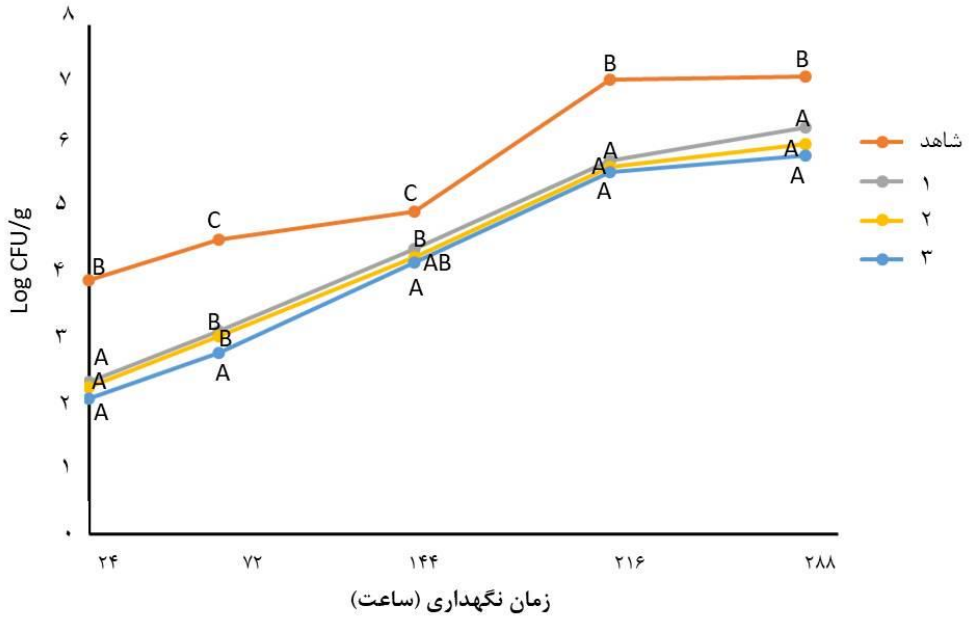
باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس*: رشد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* تیمار شاهد طی نگهداری در یخچال افزایش یافت. اما در تیمارهای حاوی اسانس ابتدا افزایش (۱۴۴ ساعت) و سپس به‌تدریج کاهش یافت (شکل ۱). تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد با تیمارهای ۲ و ۳ در تمامی دوره آزمایش مشاهده گردید ($P<$ ۰/۰۵). با افزایش میزان اسانس تعداد باکتری کاهش یافت به‌طوری‌که در تیمارهای ۲ و ۳ پس از ۲۸۸ ساعت به صفر رسید.

باکتری‌های مزوفیل هوازی (TVC): نتایج شکل ۲ نشان داد که بار باکتریایی مزوفیل هوازی تیمارهای مختلف سوریمی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال به‌تدریج افزایش یافت. به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد با تیمارهای حاوی اسانس طی نگهداری مشاهده گردید ($P<$۰/۰۵). همچنین با افزایش میزان اسانس کاهش



شکل ۱- تأثیر اسانس دانه رازیانه بر باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* تیمارهای مختلف سوریمی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد. حروف بزرگ متفاوت (A, B, C, D) روی نمودارهای مختلف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارها می‌باشد. شاهد (*استافیلوکوکوس اورئوس*)، تیمار ۱ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۴ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)، تیمار ۲ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۶ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه) و تیمار ۳ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۸ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)

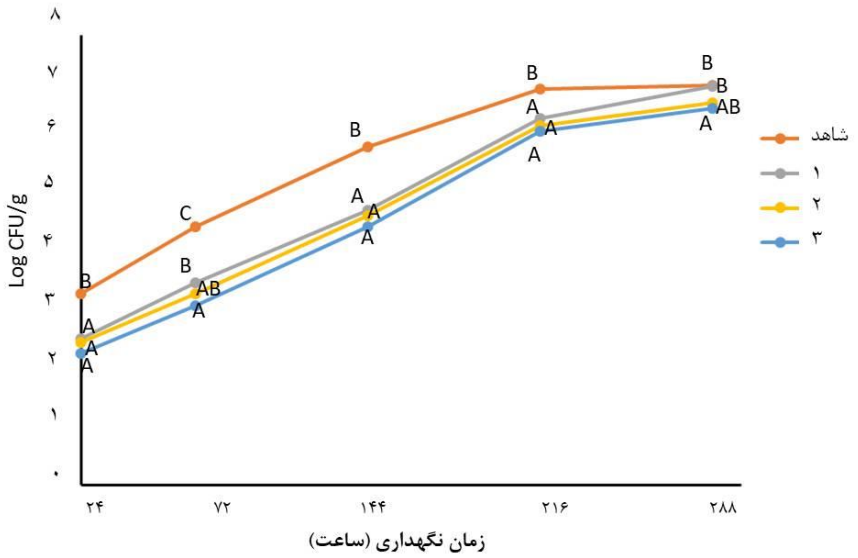


شکل ۲- تأثیر اسانس دانه رازیانه بر باکتری‌های مزوفیل هوازی تیمارهای مختلف سوریمی کپورمعمولی طی نگهداری در یخچال

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد. حروف بزرگ متفاوت (A, B, C) روی نمودارهای مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارها می‌باشد. شاهد (*استافیلوکوکوس اورئوس*)، تیمار ۱ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۴ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)، تیمار ۲ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۶ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه) و تیمار ۳ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۸ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)

بیشتری در بار باکتریایی مزوفیل هوازی مشاهده گردید. اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای حاوی اسانس در پایان دوره مشاهده نگردید ($P>۰/۰۵$).

باکتری‌های سرمادوست (PTC): بیش‌ترین و کمترین میزان بار باکتری سرمادوست در پایان دوره نگهداری در یخچال مربوط به تیمار شاهد (۷/۱۲ LogCFU/g) و تیمار



شکل ۳- تأثیر اسانس دانه رازیانه بر تعداد باکتری‌های سرمادوست تیمارهای مختلف سوریمی کپورمعمولی طی نگهداری در یخچال

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد. حروف بزرگ متفاوت (A, B, C) روی نمودارهای مختلف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارها می‌باشد. شاهد (*استافیلوکوکوس اورئوس*)، تیمار ۱ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۴ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)، تیمار ۲ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۶ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه) و تیمار ۳ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۸ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)

جدول ۳- تأثیر اسانس دانه رازیانه بر TBA (میلی‌گرم مالون دی‌آلدهید درکیلوگرم سوریمی) تیمارهای مختلف سوریمی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال

تیمارها	زمان نگهداری (ساعت)				
	۲۴	۷۲	۱۴۴	۲۱۶	۲۸۸
شاهد	۰/۳۷±۰/۰۳ Ba	۰/۸۷±۰/۰۸ Cb	۱/۴۶±۰/۱۰ Dc	۲/۴۸±۰/۲۱ Cd	۳/۱۰±۰/۳۰ Ce
۱	۰/۲۷±۰/۰۲ Ba	۰/۶۲±۰/۰۵ Bb	۰/۷۴±۰/۰۴ Cb	۱/۲۳±۰/۰۴ Bc	۱/۷۲±۰/۱۲ Bd
۲	۰/۲۵±۰/۰۱ Ba	۰/۴۳±۰/۰۴ Ab	۰/۵۹±۰/۰۵ Bc	۱/۱۳±۰/۰۳ Bd	۱/۴۵±۰/۰۸ Be
۳	۰/۲۰±۰/۰۲ Aa	۰/۳۶±۰/۰۲ Ab	۰/۵۰±۰/۰۳ Ac	۰/۷۴±۰/۰۵ Ad	۱/۰۵±۰/۱۳ Ae

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد. حروف بزرگ متفاوت (A, B, C, D) در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارهای مختلف می‌باشد. حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e) در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P< ۰/۰۵$) در زمان‌های مختلف می‌باشد.

شاهد (*استافیلوکوکوس اورئوس*)، تیمار ۱ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۴ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)، تیمار ۲ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۶ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه) و تیمار ۳ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۸ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)

۳ (۶/۷۰ LogCFU/g) می‌باشد (شکل ۳). تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای حاوی اسانس با تیمارهای فاقد اسانس طی دوره نگهداری مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$). اما در پایان دوره نگهداری فقط تیمار دارای غلظت بالای اسانس (تیمار ۳) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داد ($P< ۰/۰۵$).

فراسنجه‌های شیمیایی

تیوباربیتوریک اسید (TBA): جدول ۳ نتایج TBA تیمارهای مختلف سوریمی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال را نشان می‌دهد. نتایج افزایش معنی‌داری در TBA تمام تیمارها طی نگهداری در یخچال نشان داد ($P<۰/۰۵$). اما این افزایش در تیمارهای حاوی اسانس کمتر و تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داد. در پایان دوره نگهداری بیش‌ترین و کمترین میزان TBA در تیمار شاهد و تیمار ۳ به‌ترتیب با ۳/۱۰ و ۱/۰۵ میلی‌گرم مالون دی آلدهید درکیلوگرم سوریمی اندازه‌گیری گردید.

مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N): مقدار TVB-N تیمارهای مختلف سوریمی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴؛ $P<۰/۰۵$). در پایان دوره کم‌ترین و بیش‌ترین میزان TVB-N در تیمار۳ و تیمار شاهد مشاهده گردید. در پایان دوره نگهداری، تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین تیمار شاهد و

جدول ٤- تأثیر اسانس دانه رازیانه بر TVB-N (میلی‌گرم نیتروزن در ۱۰۰ گرم سوریمی) تیمارهای مختلف سوریمی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال

تیمارها	زمان نگهداری (ساعت)				
	۲۴	۷۲	۱۴۴	۲۱۶	۲۸۸
شاهد	۷/۹۰±۰/۷۹ Ba	۱۰/۷۷±۰/۷۵ Cb	۱۳/۹۳±۰/۹۰ Bc	۲۳/۸۳±۱/۲۶ Dd	۳۷/۲۳±۱/۲۵ Be
۱	۷/۴۰±۰/۶۱ ABa	۹/۲۷±۰/۶۸ Bb	۱۳/۰۷±۰/۸۱ Bc	۲۱/۰۰±۱/۰۰ Cd	۲۳/۲۷±۱/۱۰ Ad
۲	۷/۰۷±۰/۳۱ ABa	۷/۸۷±۰/۷۱ Aa	۱۱/۵۳±۰/۶۴ Ab	۱۸/۲۳±۰/۸۷ Bc	۱۹/۱۰±۰/۹۰ Ac
۳	۶/۵۰±۰/۲۰ Aa	۷/۴۰±۰/۶۹ Ab	۱۰/۲۳±۰/۶۰ Ac	۱۵/۷۷±۱/۰۷ Ad	۱۷/۲۳±۰/۴۹ Ae

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد. حروف بزرگ متفاوت (A, B, C, D) در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارهای مختلف می‌باشد. حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e) در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) در زمان‌های مختلف می‌باشد.

شاهد (*استافیلوکوکوس اورئوس*)، تیمار ۱ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۴ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)، تیمار ۲ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۶ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه) و تیمار ۳ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۸ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)

جدول ۵- تأثیر اسانس دانه رازیانه بر pH تیمارهای مختلف سوریمی کپورمعمولی طی نگهداری در یخچال

تیمارها	زمان نگهداری (ساعت)				
	۲۴	۷۲	۱۴۴	۲۱۶	۲۸۸
شاهد	۶/۲۰±۰/۰۵ Aa	۶/۵۰±۰/۰۳ Bb	۶/۷۰±۰/۰۵ Bc	۷/۰۰±۰/۲۰ Bd	۷/۱۲±۰/۱۰ Bd
۱	۶/۲۰±۰/۰۵ Aa	۶/۴۰±۰/۱۰ ABb	۶/۵۰±۰/۱۰ Ab	۶/۵۶±۰/۱۴ ABb	۶/۷۶±۰/۰۷ ABc
۲	۶/۱۰±۰/۱۰ Aa	۶/۳۰±۰/۱۰ Ab	۶/۴۶±۰/۰۴ Ac	۶/۵۳±۰/۰۳ Ac	۶/۶۶±۰/۰۵ Ad
۳	۶/۱۰±۰/۱۰ Aa	۶/۳۰±۰/۰۵ Ab	۶/۴۳±۰/۰۲ Ac	۶/۵۰±۰/۱۰ Ac	۶/۶۳±۰/۰۶ Ad

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد. حروف بزرگ متفاوت (A, B) در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارهای مختلف می‌باشد. حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d) در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) در زمان‌های مختلف می‌باشد.

شاهد (*استافیلوکوکوس اورئوس*)، تیمار ۱ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۴ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)، تیمار ۲ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۶ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه) و تیمار ۳ (*استافیلوکوکوس اورئوس* و ۸ میکرولیتر بر گرم اسانس دانه رازیانه)

تیمارهای حاوی اسانس مشاهده گردید، در حالی‌که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای دارای اسانس مشاهده نگردید ($P>۰/۰۵$).

شاخص pH: pH همه تیمارهای سوریمی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال افزایش یافته اما در تیمارهای حاوی اسانس دانه رازیانه این افزایش نسبت به تیمار شاهد کمتر بود (جدول ۵). همچنین به‌طور کلی pH تیمار حاوی غلظت کم اسانس دانه رازیانه تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد ($P>۰/۰۵$). بیشترین و کمترین میزان pH در پایان دوره آزمایش به‌ترتیب در تیمار شاهد (۷/۱۲) و تیمار ۳ (۶/۶۳) مشاهده گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه تأثیر اسانس دانه رازیانه بر مهار رشد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* تلقیح شده به سوریمی کپور معمولی طی نگهداری در یخچال بررسی گردید. نتایج مطالعات محققین نشان داد که رازیانه کشت داده شده در اروپای مرکزی دارای ۲۸ ترکیب بوده که مهمترین آنها ترانس آنتول (۶۳/۵۳٪)، لیمونن (۶/۲۴٪) و فنکون (۵/۴۵٪) بودند (Diao *et al*., 2014). همچنین اسانس رازیانه مصری حدود ۲۰ ترکیب دارد که ترانس آنتول (۶۵/۵۹٪)، لیمونن (۸/۵۴٪) و فنکون (۷/۷۶٪) از ترکیبات اصلی آن بودند (Viuda-Martos *et al*., 2011). اگر چه این نتایج در مقایسه با تحقیق حاضر از لحاظ تعداد ترکیبات شیمیایی متفاوت‌اند اما همه آنها در مهمترین ترکیباب تشکیل‌دهنده اسانس رازیانه مشترک‌اند.

کمتر بودن تعداد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* تیمارهای حاوی اسانس را می‌توان مرتبط با خواص ضد باکتریایی اسانس دانه رازیانه دانست (Lo Cantore *et al*., 2004). مطالعات نشان داده‌اند برخی از ترکیبات اسانس رازیانه مانند مشتقات دیلاپینوئید و سکوپولتین دارای ویژگی‌های ضد باکتریایی هستند (Kwon *et al*., 2002). بنابراین کاهش تعداد باکتری *استافیلوکوکوس‌اورئوس* با افزایش غلظت اسانس دانه رازیانه طی دوره نگهداری ارتباط

مستقیم دارد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که اسانس این گیاه دارای خواص ضد باکتریایی بر علیه پاتوژن‌های مواد غذایی از جمله *استافیلوکوکوس اورئوس* است (Dadalioğlu and Evrendilek, 2004; Mohsenzadeh 2007). با توجه به اینکه در زمینه تأثیر اسانس دانه رازیانه بر سوریمی ماهیان مطالعه‌ایی انجام نشده است اما مطالعات محدودی در زمینه استفاده از اسانس دیگر گیاهان برای افزایش زمان ماندگاری سوریمی انجام شده است. نتایج سایر محققین نشان داد که اسانس برگ پریلا می‌تواند رشد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* را در سوریمی تهیه شده از ماهی *Argyrosomus argentatus* مهار کند (Kong *et al*., 2018).

از عوامل اصلی فساد در ماهی و فرآورده‌های آن رشد میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (Kachele *et al*., 2017). در طول دوره نگهداری میزان TVC در تیمارهای حاوی اسانس در مقایسه با تیمار شاهد کمتر بود که می‌توان آن را به‌دلیل وجود ترکیبات ضد میکروبی موجود در اسانس دانه رازیانه دانست (Rather *et al*., 2016). مقدار LogCFU/g ۷ حد قابل قبول بار باکتریایی مزوفیل هوازی فیله ماهیان می‌باشد (Savvaidis *et al*., 2002). در تحقیق حاضر مقدار بار باکتریایی مزوفیل هوازی تیمار شاهد پس از گذشت ۲۱۶ ساعت از شروع آزمایش و تیمار ۱ در پایان آزمایش از حد قابل قبول گذشتند. اسانس‌ها موجب مختل شدن مکانیسم سلول و تقسیم سلولی می‌گردد. همچنین موجب تغییر عملکرد سلولی با تأثیر بر دیواره سلولی شده به‌طوری‌که در هموستازی pH و تولید ATP اختلال ایجاد می‌کنند (Faleiro and Miguel, 2013).

باکتری‌های سرمادوست از مهمترین میکروارگانیسم هایی هستند که در فساد ماهی هنگام نگهداری در یخچال دخیل اند (Sallam, 2007). این باکتری‌ها موجب تغییر مزه، بو و بافت مواد غذایی با تولید کتون‌ها و آلدهیدها می‌شوند. در این تحقیق تعداد باکتری‌های سرمادوست در همه تیمارها طی دوره نگهداری افزایش یافت اما این افزایش در تیمارهای حاوی اسانس کمتر بود. نتایج محققان دیگر نشان داد که استفاده از اسانس گیاهان سبب کنترل رشد باکتری‌های سرمادوست و افزایش زمان ماندگاری سوریمی کپور نقره ای گردید (صیادیان و رومیانی، ۱۳۹۶). نقش مؤثر اسانس‌ها در کنترل رشد باکتری‌های سرمادوست در کاربرد اسانس رزماری و آویشن به‌عنوان نگهدارنده در ماریناد قزل‌آلای رنگین‌کمان قابل مشاهده است (Yıldız, 2016). نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای حاوی غلظت بالای اسانس به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) میزان باکتری‌های سرمادوست کمتری نسبت به تیمار شاهد بودند که نشان‌دهنده اثرات ضد باکتریایی اسانس رازیانه می‌باشد. در پایان دوره نگهدری تعداد باکتری‌های سرمادوست تیمارهای ۲ و ۳ از حد قابل قبول (۷ LogCFU/g) کمتر بود.

اکسیداسیون چربی در فرآورده‌های غذایی را با شاخص TBA نشان می‌دهند. محصولات اولیه اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیراشباع با اکسیژن هیدروپروکسیدها بوده که از تجزیه آن مالون دی‌آلدهید به‌وجود می‌آید (Khalafalla *et al*., 2015). محصولات ثانویه حاصل از شکستن هیدروپروکسیدها سبب تولید آلدهیدها و روند افزایش این شاخص می‌گردد. ۱-۲ میلی گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم گوشت ماهی میزان مجاز تیوباربیتوریک اسید گزارش شده است (Lakshmanan, 2000). در تحقیق حاضر میزان این شاخص در پایان دوره آزمایش در تیمارهای حاوی اسانس رازیانه کمتر از ۲ میلی‌گرم مالون آلدهید در کیلوگرم سوریمی اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس رازیانه در کنترل اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد.

آمونیاک، دی متیل آمین، تری متیل آمین و سایر ترکیبات نیتروژنی فرار مرتبط با فساد مواد غذایی مجموع بازهای نیتروژنی فرار را تشکیل می‌دهند که توسط دآمیناسیون‌اسیدهای آمینه، آنزیم‌های اتولیتیک و باکتری های عامل فساد تولید می‌گردند (Fan *et al*., 2008). در مطالعه حاضر میزان مجموع بازهای نیتروژنی فرار در تیمار-های حاوی اسانس نسبت به تیمارهای شاهد کمتر بود که می‌توان آن را به اثرات اسانس در کاهش جمعیت باکتری‌ها و یا کاهش فعالیت دآمیناسیون اکسیداتیو ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی نسبت داد (Fan *et al*., 2008; Ojagh *et al*., 2010). مقدار TVB-N در محصولات با کیفیت بالا (کمتر از ۲۵)، محدودیت مصرف (بین ۲۵ تا ۳۰) و غیر قابل مصرف (بیش‌تر از ۳۵) در نظر گرفته می‌شوند (Kachele *et al*., 2017). در پایان دوره نگهداری مقدار

TVB-N تیمار شاهد در محدوده غیر قابل مصرف و دیگر تیمارها در محدوده با کیفیت بالا قرار داشت. افزایش TVB-N سوریمی کپور نقره‌ای با افزودن عصاره زنیان طی نگهداری در یخچال کنترل گردید (Farahmandfar *et al*., 2016). در مطالعه حاضر نیز میزان TVB-N تیمارهای حاوی اسانس طی نگهداری از تیمار شاهد کمتر بود که نشان‌دهنده اثر بخشی اسانس دانه رازیانه بوده است.

افزایش میزان pH می‌تواند به‌دلیل انباشته شدن ترکیبات آلکالوئیدی از قبیل آمونیاک و تری متیل آمین باشد که در نتیجه واکنش‌های اتولیتیک و میکروبی تولید می‌شوند (Delbarre-Ladrat *et al*., 2006). بنابراین کمتر بودن آن در تیمارهای حاوی اسانس به‌دلیل خاصیت آنتی‌میکروبی اسانس دانه رازیانه با توجه به نتایج میکروبی این تحقیق می‌باشد.

یکی از عوال مهم مرتبط با سلامت مصرف‌کننده در هنگام آماده‌سازی و تهیه فرآورده‌های شیلاتی، آلودگی باکتریایی می‌باشد. در این پژوهش اسانس دانه رازیانه به سوریمی تلقیح شده *با استافیلوکوکوس اورئوس* جهت کنترل رشد باکتری اضافه گردید. در نتیجه رشد *استافیلوکوکوس اورئوس* مهار و در پایان دوره آزمایش در غلظت ۶ و ۸ میکرولیتر بر گرم به صفر رسید. تیمارهای حاوی اسانس دانه رازیانه نتایج بهتری نسبت به تیمار شاهد در فراسنجه‌های شیمیایی و میکروبی نشان دادند. نتایج این تحقیق بیانگر خاصیت آنتی‌میکروبی و آنتی‌اکسیدانی اسانس دانه رازیانه می‌باشد. بنابراین می توان از آن به‌عنوان جایگزین افزودنی‌های سنتزی در فرآورده‌های شیلاتی استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

از زحمات کارشناسان محترم گروه شیلات و محیطزیست و حمایت مالی دانشگاه زابل با شماره گرنت (Grant code: IR-UOZ-GR-4700) سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

آخوندزاده بستی ا.، رضویلر و.، میثاقی ع.، رادمهر ب.، عباسی فر ر.، یزدانی د.، آخوندزاده ش. ۱۳۸۳. اثر اسانس آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.) بر روی احتمال رشد *استافیلوکوک طلایی* در محیط آبگوشت قلب و مغز. *فصلنامه گیاهان دارویی*، ۱۰(۳)، ۶۳-۶۰.

زمانی ع.، آبائی ز.، آبائی ف. ۱۴۰۰. ازریابی برخی شاخص‌های شیمیایی و باکتریایی سوریمی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) حاوی غلظت‌های مختلف عصاره ریحان (*Ocimum basilicum*) طی نگهداری در یخچال. *علم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، ۱۶(۱)، ۹۵-۱۰۷.

صیادیان ف.، رومیانی ل. ۱۳۹۶. تأثیر دانه آفتابگردان بر خصوصیات کیفی و افزایش ماندگاری سوریمی کپور نقره‌ای. *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*، ۱۴(۷۳)، ۱۷۴-۱۶۳.

فرجامی ب.، حسینی س.و. ۱۳۹۴. بررسی اثر عصارهٔ آویشن (*Zataria multiflora*) در کیفیت شیمیایی سوریمی تولیدشده از ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) طی نگهداری در یخچال. *نشریه شیلات*، ۶۸(۳)، ۴۵۶-۴۴۷.

Abdollahi M., Rezaei M., Farzi G. 2014. Influence of chitosan/clay functional bionanocomposite activated with rosemary essential oil on the shelf life of fresh silver carp. *International Journal of Food Science and Technology* 49(3), 811-818.

Abdollahzadeh E., Rezaei M., Hosseini H. 2014. Antibacterial activity of plant essential oils and extracts: The role of thyme essential oil, nisin, and their combination to control *Listeria monocytogenes* inoculated in minced fish meat. *Food Control* 35(1), 177-183.

AOAC. 2002. Official Methods of Analysis of AOAC International. 14th edn. MD, Gaithersburg, USA Association of Official Analytical Chemistry.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th edn. MD, Gaithersburg, USA Association of Official Analytical Chemistry.

Arashisar Ş., Hisar O., Kaya M., Yanik T. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorynchus mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology* 97(2), 209-214.

Bellik Y. 2014. Total antioxidant activity and antimicrobial potency of the essential oil and oleoresin of *Zingiber officinale* Roscoe. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* 4(1), 40-44.

Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *International Journal of Food Microbiology* 94(3), 223-253.

Dadalioğlu I., Evrendilek G.A. 2004. Chemical compositions and antibacterial effects of essential oils of Turkish oregano (*Origanum minutiflorum*), bay laurel (*Laurus nobilis*), Spanish lavender (*Lavandula stoechas* L.), and fennel (*Foeniculum vulgare*) on common foodborne pathogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(26), 8255-8260.

Delbarre-Ladrat C., Chéret R., Taylor R., Verrez-Bagnis V. 2006. Trends in postmortem aging in fish: understanding of proteolysis and disorganization of the myofibrillar structure. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46(5), 409-421.

Diao W.R., Hu Q.P., Zhang H., Xu J.G. 2014. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). *Food Control* 35(1), 109-116.

Dinges M.M., Orwin P.M., Schlievert P.M. 2000. Exotoxins of *Staphylococcus aureus*. *Clinical Microbiology Reviews* 13(1), 16-34.

Faleiro M.L., Miguel M.G. 2013. Chapter 6 - Use of essential oils and their components against multidrug-resistant bacteria. Fighting Multidrug Resistance with Herbal Extracts, Essential Oils and Their Components, Academic Press. pp: 65-94.

Fan W., Chi Y., Zhang S. 2008. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice. *Food Chemistry* 108(1), 148-153.

Farahmandfar R., Safari R., Vavsari F.A., Bakhshandeh T. 2016. The effect of Ajwain (*Trachyspermum ammi*) extracted by ultrasound-assisted solvent on quality properties of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi stored at 4° C. *Journal of Food Processing and Preservation* 40(2), 291-297.

Kachele R., Zhang M., Gao Z., Adhikari B. 2017. Effect of vacuum packaging on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4° C. *LWT-Food Science and Technology* 80, 163-168.

Khalafalla F.A., Ali F.H.M., Hassan A.R.H.A. 2015. Quality improvement and shelf-life extension of refrigerated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets using natural herbs. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences* 4(1), 33-40.

Kim Y.B., Seo K.W., Jeon H.Y., Lim S.K., Lee Y.J. 2018. Characteristics of the antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from chicken meat produced by different integrated broiler operations in Korea. *Poultry Science* 97(3), 962-969.

Kong H., Zhou B., Hu X., Wang X., Wang M. 2018. Protective effect of Perilla (*Perilla frutescens*) leaf essential oil on the quality of surimi-based food. *Journal of Food Processing and Preservation* 42(3), e13540.

Kwon Y.S., Choi W.G., Kim W.J., Kim W.K., Kim M.J., Kang W.H., Kim C.M. 2002. Antimicrobial constituents of *Foeniculum vulgare*. *Archives of pharmacal Research* 25(2), 154-157.

Lakshmanan P.T. 2000. Fish spoilage and quality assessment. In T.S.G. Iyer, M.K. Kandoran, Mary Thomas and P.T. Mathew (Eds.). Quality assurance in seafood processing. Cochin: Society Fisheries Technology, India. pp. 26-40.

Lo Cantore P., Iacobellis N.S., De Marco A., Capasso F., Senatore F. 2004. Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. and *Foeniculum vulgare* Miller var. vulgare (Miller) essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(26), 7862-7866.

Luo Y., Shen H., Pan D., Bu G. 2008. Gel properties of surimi from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) as affected by heat treatment and soy protein isolate. *Food Hydrocolloids* 22(8), 1513-1519.

Mahady G.B., Pendland S.L., Stoia A., Hamill F.A., Fabricant D., Dietz B.M., Chadwick L.R. 2005. In vitro susceptibility of *Helicobacter pylori* to botanical extracts used traditionally for the treatment of gastrointestinal disorders. *Phytotherapy Research* 19(11), 988-991.

Mohsenzadeh M. 2007. Evaluation of antibacterial activity of selected Iranian essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in nutrient broth medium. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(20), 3693-3697.

Namulema A., Muyonga J.H., Kaaya A.N. 1999. Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at –13 and –27˚C. *Food Research International* 32(2), 151-156.

Ojagh S.M., Rezaei M., Razavi S.H., Hosseini S.M.H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry* 120(1), 193-198.

Oroojalian, F., Kasra-Kermanshahi, R., Azizi, M., Bassami, M.R. 2010. Phytochemical composition of the essential oils from three Apiaceae species and their antibacterial effects on food-borne pathogens. *Food Chemistry* 120(3), 765-770.

Ozogul Y., Yuvka I., Ucar Y., Durmus M., Kösker A.R., Öz M., Ozogul F. 2017. Evaluation of effects of nanoemulsion based on herb essential oils (rosemary, laurel, thyme and sage) on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during ice storage. *LWT-Food Science and Technology* 75, 677-684.

Pudziuvelyte L., Stankevicius M., Maruska A., Petrikaite V., Ragazinskiene O., Draksiene G.T., Bernatoniene J. 2017. Chemical composition and anticancer activity of *Elsholtzia ciliata* essential oils and extracts prepared by different methods. *Industrial Crops and Products* 107, 90-96.

Rather M.A., Dar B.A., Sofi S.N., Bhat B.A., Qurishi M.A. 2016. *Foeniculum vulgare*: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety. *Arabian Journal of Chemistry* 9(2), S1574-S1583.

Roby M.H.H., Sarhan M.A., Selim K.A.H., Khalel K.I. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Industrial Crops and Products* 44, 437-445.

Sallam K.I. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control* 18(5), 566-575.

Sharopov F., Valiev A., Satyal P., Gulmurodov I., Yusufi S., Setzer W.N., Wink M. 2017. Cytotoxicity of the essential oil of Fennel (*Foeniculum vulgare*) from Tajikistan. *Foods* 6(9), E73.

Shaviklo G.R., Johannsson R. 2006. *Quality assessment of fish protein isolates using surimi standard methods*. The United Nations University, Fisheries Training Programme. 34 p.

Savvaidis I.N., Skandamis P., Riganakos K.A., Panagiotakis N., Kontominas M.G. 2002. **Control of natural microbial flora and *Listeria monocytogenes* in vacuum-packaged trout at 4 and 10° C using irradiation. *Journal of Food Protection* 65(3), 515-522.**

Tian J., Ban X., Zeng H., He J., Huang B., Wang Y. 2011. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cicuta virosa* L. var. *latisecta Cel*ak. *International Journal of Food Microbiology* 145(2-3), 464-470.

Vernozy-Rozand C., Ray-Gueniot S., Ragot C., Bavai C., Mazuy C., Montet M.P., Bouvet J., Richard Y. 2002. Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 in industrial minced beef. *Letters in Applied Microbiology* 35(1), 7-11.

Villarini M., Pagiotti R., Dominici L., Fatigoni C., Vannini S., Levorato S., Moretti M. 2014. Investigation of the cytotoxic, genotoxic, and apoptosis-inducing effects of estragole isolated from fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Natural Products* 77(4), 773–778.

Viuda-Martos M., Mohamady M.A., Fernández-López J., Abd ElRazik K.A., Omer E.A., Pérez-Alvarez J.A., Sendra E. 2011. In vitro antioxidant and antibacterial activities of essentials oils obtained from Egyptian aromatic plants. *Food Control* 22(11), 1715-1722.

Wu X., Su Y.Ch. 2014. Growth of *Staphylococcus aureus* and enterotoxin production in pre-cooked tuna meat. *Food Control* 42, 63-70.

Yıldız P.O. 2016. Effect of thyme and rosemary essential oils on the shelf life of marinated rainbow trout. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 26(3), 665-673.

Zhou X., Jiang Sh., Zhao D., Zhang J., Gu S., Pan Z., Ding Y. 2017. Changes in physicochemical properties and protein structure of surimi enhanced with camellia tea oil. *LWT-Food Science and Technology* 84, 562-571.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 13, No 24, 24-36
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

Inhibition of *Staphylococcus aureus* growth in *Cyprinus carpio* surimi by using *Foeniculum vulgar* essential oil

Safoura Bahrami[1], Ebrahim Alizadeh Doughikollaee*[1], Mohsen Shahriari Moghadam[2]

[1]Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran.
[2]Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran.

*Corresponding author: alizadeh@uoz.ac.ir

Received: 20.April.2025 **Accepted: 27.May.2025**

Abstract

The purpose of this research is to investigated the effect of *Foeniculum vulgare* seed essential oil on the quality of *Cyprinus carpio* surimi inoculated (10^3 CFU/g) by *Staphylococcus aureus* during storage in refrigerator (4˚C). Fennel seeds essential oil extraction was done by using a Clevenger apparatus with method of water distillation and its chemical compounds analyzed by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). Then concentrations of 4, 6 and 8 µL/g of fennel seed essential oil were added to surimi inoculated with *Staphylococcus aureus*. After 24, 72, 144, 216 and 218 hours of storage in refrigerator microbial (*Staphylococcus aureus*, aerobic mesophilic bacteria (TVC) and psychrophilic bacteria count (PTC)) and chemical parameters (pH, Thiobarbituric acid (TBA) and Total volatile basic nitrogen (TVB-N)) were measured. Essential oil analysis results by GC/MS showed that the most compounds of fennel seed essential oil is trans-anethole (87.00%). The growth of *Staphylococcus aureus* of control increased during storage but decreased in the treatments containing essential oil. So that it reached zero after 288 hours in treatments containing 6 and 8 µL/g of essential oil. Microbial (TVC and PTC) and chemical parameters (pH, TBA and TVB-N) of treatments increased during refrigerated storage. But the treatments containing essential oil had a smaller increase. The results of this research showed that fennel seed essential oil increased the shelf life of *Cyprinus carpio* surimi during refrigerated storage. Therefore, it can be concluded that the antibacterial and antioxidant properties of fennel seed essential oil and can be used as a natural preservative.

Keywords: *Staphylococcus aureus*, *Foeniculum vulgare* seed, Essential oil extraction, Surimi, Shelflife