# بررسی اثر صمغ تخم شربتی و نانوامولسیون زنجبیل بر ویژگی‌های میکروبی و شیمیایی ماهی قزل آلای رنگین کمان در طی دوران نگهداری

**علی مظفری**[a*]

[a] *دانشجوی دکترای عمومی دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۲۲

DOI: 10.30495/jftn.2023.73923.11262



## چکیده

**مقدمه:** امروزه با توجه به علاقه مصرف‌کنندگان به ماهی تازه نسبت به ماهی‌های منجمد، اهمیت نگهداری و عرضه ماهی تازه روز به روز بیشتر می‌شود. یکی از عوامل کلیدی در این زمینه، تعیین مدت زمان نگهداری ماهی است تا بتوان زمان مصرف آن را تعیین کرد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه، تأثیر پوشش خوراکی زیست فعال بر پایه صمغ تخم شربتی و نانوامولسیون اسانس زنجبیل بر ماندگاری فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان در طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، فیله‌های تازه ماهی قزل آلا با چهار محلول ژلاتینی مختلف با درصدهای گوناگون از ۲ تا ۱۵ درصد آماده‌سازی و سپس، فیله‌ها در شرایط یخچالی نگهداری شدند. به جهت بررسی عملکرد این پوشش، آزمایش‌های میکروبی شامل شمارش کلی میکروبی، اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد بر پایه اسید اولئیک، اندازه‌گیری بازهای فرار تام (TVN) و pH بصورت دوره ای برای همه نمونه‌ها در روزهای ۱ و۶ و۱۲ انجام شد.

**یافته‌ها:** طبق آزمون دانکن نمونه‌ها با یکدیگر، نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد در نمونه شاهد به طرز معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) شمارش میکروبی از سایر نمونه‌ها بالاتر است و همچنین آزمون شمارش میکروبی نشان می‌دهد که در روز ۱۲ نسبت به روز ۶ و در روز ۶ نسبت به روز ۱ افزایش معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) یافته است. اسیدیته چربی استخراجی در روز ۱۲ به طرز معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) نسبت به روزهای ۱ و ۶ افزایش یافته است. همچنین میزان آزمون TVN نشان می‌دهد که در روز ۱۲، به طرز معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) از روز ۱ و روز ۶ بیشتر شده است.

**نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد از این ترکیبات می‌توان برای افزایش دوره ماندگاری ماهی قزل آلای رنگین کمان استفاده نمود

***واژه‌های کلیدی:*** *دوره ماندگاری، صمغ تخم شربتی، ماهی قزل آلای رنگین کمان، نانوامولسیون اسانس زنجبیل*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: mr.mozafari95@gmail.com

## مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از ماهیان آب شیرین مهم در صنایع غذایی است (Khalil *et al.*, 2023). این ماهی به دلیل خواص غذایی بالا، طعم لذیذ و قیمت مناسب، در بسیاری از کشورها مورد استقبال قرار گرفته است (Naderi Farsani *et al.*, 2021a). با این حال، یکی از چالش‌های مهم در زمینه تولید و عرضه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، ماندگاری پس از صید و در طول فرآیند پخت و انبارداری است (Cejko *et al.*, 2022).

ماندگاری ماهیان پس از صید به عوامل مختلفی نظیر عملکرد انزیم‌های تجزیه‌کننده، فعالیت میکروبی، اکسیداسیون چربی‌ها و تغییرات سطح pH بستگی دارد (İnanan, 2020; Urzúa *et al.*, 2022). در نتیجه، انجام تحقیقات جامع و پیشرفته در زمینه بهبود ماندگاری ماهیان ضروری به نظر می‌رسد.

امروزه با توجه به علاقه مصرف‌کنندگان به ماهی تازه نسبت به ماهی‌های منجمد، اهمیت نگهداری و عرضه ماهی تازه روز به روز بیشتر می‌شود. یکی از عوامل کلیدی در این زمینه، تعیین مدت زمان نگهداری ماهی است تا بتوان زمان مصرف آن را تعیین کرد. فسادپذیری بالای ماهی باعث می‌شود که صحت و ایمنی ماهی به طور مستقیم به مدت زمان نگهداری آن بستگی داشته باشد(Stangierski *et al.*, 2022).

در مورد نگهداری ماهی تازه، اصول اساسی و روش‌های مناسب برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری آن باید رعایت شود. در این راستا، عوامل مؤثر بر زندگی ماندگار ماهی شامل دما، اکسیژن، میکروب‌ها و آنزیم‌ها می‌باشند. دما مهم‌ترین عامل است که می‌تواند سرعت فساد ماهی را تحت تأثیر قرار دهد. به عنوان مثال، ماهی در دماهای بالا به سرعت خراب می‌شود و با دمای پایین‌تر می‌توان زمان نگهداری آن را افزایش داد (Kawecki *et al.*, 2021).

با افزایش دانش در زمینه تغذیه و تکنولوژی نگهداری، روش‌هایی مانند خنک‌نگهداری، بسته‌بندی مناسب، استفاده از یخ و فریزر و کنترل استفاده از اکسیژن مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین، بهبود ماندگاری ماهی تازه از طریق استفاده از روش‌های مانند نمونه حرارتی، فرآیند سردکننده و مصرف مواد حفظ کننده میکروبی میسر است (Gimmel *et al.*, 2022).

در روند نوآوری‌های فناورانه، تحقیقات در زمینه توسعه روش‌های پیشرفته نگهداری ماهی تازه انجام می‌شود. مثلاً تکنولوژی ترکیبی می‌تواند شامل استفاده از فرآیندهای مانند اصلاح فیزیکی و شیمیایی، استفاده از فیلتراسیون، تبرید محیطی، استفاده از گازهای ترکیبی و توسعه بسترهای بسته‌بندی پیشرفته باشد. در نتیجه اهمیت تعیین مدت زمان نگهداری ماهی تازه در جهت تعیین زمان مصرف آن نمی‌تواند نادیده گرفته شود. رعایت اصول نگهداری، استفاده از روش‌های مناسب و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های پیشرفته می‌تواند به حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری ماهیان تازه کمک کند (Tsai *et al.*, 2023).

استفاده از روش‌های مختلف پوشش خوراکی می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر برای افزایش ماندگاری ماهیان در طول فرآیند پخت و انبارداری مورد استفاده قرار گیرد. پوشش خوراکی زیست فعال با استفاده از مواد طبیعی و بیولوژیکی، از جمله صمغ‌ها، یکی از روش‌های پیشرفته و نوین در این زمینه می‌باشد (Aboutalebzadeh *et al.*, 2022; Espinosa-Andrews *et al.*, 2023). استفاده از صمغ‌ها در نگهداری ماهی‌ها نقش مهمی در افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت آنها ایفا می‌کند. در زیر به برخی از نقش‌های استفاده از صمغ‌ها در نگهداری ماهی‌ها اشاره شده است: استفاده از صمغ‌ها به عنوان عامل ایجاد پوشش حفاظتی بر روی سطح ماهی می‌تواند به حفظ رطوبت، کاهش اکسیژن محیطی و جلوگیری از رشد باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها کمک کند. همچنین صمغ‌ها می‌توانند به عنوان عوامل ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی عمل کنند و فساد میکروبی را کاهش داده و ماندگاری ماهی را افزایش دهند (Sotelo-Boyás *et al.*, 2017).

به جهت بهبود خصوصیات حسی ماهی، صمغ‌ها می‌توانند بهبود رنگ، طعم و بافت ماهی را تحت شرایط نگهداری بهبود دهند و کیفیت حسی آن را ارتقا دهند (Hajji *et al.*, 2021). علاوه بر نکات اشاره شده، صمغ‌ها در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و حسی ماهی در فرآیند سردکنندگی می‌توانند نقش کلیدی داشته باشند. صمغ‌ها می‌توانند در فرآیند سردکنندگی ماهی بهبود ویژگی‌های فیزیکی ماهی مانند میزان تراکم، خروج آب و ماندگاری را

ارتقا دهند (Kuepethkaew *et al.*, 2016).

صمغ‌ها به عنوان مواد پوشش‌دهنده در ماهیان به دلیل ویژگی‌های بیولوژیکی، حسی و ضد میکروبی که دارند، مورد توجه قرار گرفته‌اند. صمغ‌های تخم شربتی یکی از صمغ‌هایی هستند که خواص منحصر به فردی در پوشش خوراکی ماهیان دارند. این صمغ توانایی رطوبت‌گیری، ماندگاری، مهار رشد میکروبی و مانع از اکسیداسیون چربی‌ها را دارد (Aboutalebzadeh *et al.*, 2022; Anwar *et al.*, 2022; Espinosa-Andrews *et al.*, 2023; Kim *et al.*, 2022; Tang *et al.*, 2022).

علاوه بر صمغ ها، نانوامولسیون‌ها نقش مهمی در پوشش خوراکی ماهی‌ها و افزایش ماندگاری آنها دارند. در زیر به برخی از نقش‌های استفاده از نانوامولسیون‌ها در پوشش خوراکی ماهی‌ها اشاره خواهد شد. اولین مزیت استفاده از نانوامولسیون‌ها بهبود ثبات و توزیع مواد فعال می‌باشد. استفاده از نانوامولسیون‌ها در پوشش خوراکی ماهی‌ها، بهبود ثبات و توزیع مواد فعال مانند اسانس‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها را فراهم می‌کند (Rodrigues *et al.*, 2021). نانوامولسیون‌ها به عنوان پوششی محافظ بر روی ماهی‌ها عمل کرده و ماندگاری آنها را افزایش داده و اکسیداسیون چربی‌های موجود در ماهی را کاهش می‌دهند (Feng *et al.*, 2020). همچنین نانوامولسیون‌ها می‌توانند در بهبود خصوصیات حسی ماهی نقش مهمی را ایفا نمایند. نانوامولسیون‌ها می‌توانند طعم، بو و رنگ ماهی را در پوشش خوراکی بهبود داده و کیفیت حسی آن را افزایش دهند (Ceylan *et al.*, 2020).

نانوامولسیون‌ها می‌توانند در کنترل رشد باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها نقش به سزایی رو ایفا نمایند. آنها می‌توانند به عنوان عوامل ضد میکروبی عمل کرده و رشد باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌های مضر در ماهی را کنترل کنند (Özogul *et al.*, 2022).

همچنین استفاده از نانوامولسیون‌ها در پوشش خوراکی ماهیان می‌تواند بهبود قابل توجهی در ماندگاری و کیفیت آنها به ارمغان آورد. نانوامولسیون‌ها به عنوان پوشش‌دهنده‌های نانوساختار، قابلیت حمل و نقل بهتر مواد فعال را دارند و می‌توانند خواص ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی را به پوشش خوراکی اضافه کنند. در این راستا استفاده از اسانس‌های گیاهی در تهیه نانوامولسیون‌ها، می‌تواند بهبود مؤثری در ماندگاری ماهیان داشته باشد (Chaudhary, 2023; Chuesiang *et al.*, 2023).

در راستای بهبود ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، ترکیبی از صمغ تخم شربتی و نانوامولسیون اسانس زنجبیل به عنوان پوشش خوراکی در این مطالعه مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر این پوشش خوراکی زیست فعال بر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان است.

## مواد و روش‌ها

### - تهیه اسانس گیاهی

مواد گیاهی شامل زنجبیل (*Zingiber officinale Rosceo*) و دانه ریحان (*Salvia hispanica L.*) از موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع بخش گیاهان دارویی باغ گیاه شناسی کرج خریداری شد. ریزوم های زنجبیل با آب مقطر استریل تمیزشسته و به مدت یک ساعت در هوای آزاد و در سایه خشک می‌شوند تا در اثر حرارت به ترکیبات با خواص آنتی میکروبی و آنتی اکسیدانی زنجبیل آسیب وارد نشود. پوسته های خارجی زنجبیل‌ها با دست جدا شده و زنجبیل‌ها دوباره شسته شده و عصاره‌گیری انجام می‌گیرد. اسانس گیری به روش تقطیربا بخار داغ توسط دستگاه کلونجر (Schatt Duran، آلمان) انجام شد (Dadalioğlu and Evrendilek, 2004).

### - استخراج موسیلاژ از تخم شربتی

دانه ریحان ابتدا در معرض آفتاب و همچنین در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند تا خواص مواد موجود در آنها تثبیت و بدون تغییر (FIXED) باقی بمانند. به حدود ۱۰۰۰ گرم از مواد تثبیت شده مقدار کافی پترولاتوم افزوده خواهد شد تا چربی‌ها و پیگمان‌های محتوی خارج گردند. این مواد پس از شستشو در دمای آزمایشگاه خشک شدند. سپس باید اجازه داده شوند تا مواد خشک شده به مدت ۵ ساعت در حدود ۱ لیتر آب خالص خیس بخورند سپس به همراه یک لیتر آب دیگر و به مدت نیم ساعت نیز تا حد جوش حرارت داده شود. پس از آن به مدت نیم ساعت دیگر نیز سا کن نگه داشته شد تا موسیلاژ موجود آزاد گردد. مواد استخراج شده توسط یک صافی پارچه‌ای از آب جدا و سپس با هم حجم خود الکل ۹۵ ٪مخلوط می‌گردید

تا موسیلاژ استخراج شده بصورت رسوب درآید. محصول حاصل با روش سرد و تحت خلاء بالا (Freeze Drying) با استفاده از سانتریفوژ DynamicaVelocity 14خشک گردیدند (Beikzadeh *et al.*, 2020).

**- آماده سازی نانوامولسیون‌های پوشش دهی**

به منظور آماده کردن نانوامولسیون‌های O/Wبه مدت ۲/۵ دقیقه با دور ۱۲۵۰۰rpm در دمای ۱°C ± ۲۵ هموژن شد. فاز آبی در نانوامولسیون‌ها حاوی سورفکتانت غیریونی (با نسبت توئین ۸۰ به روغن برابر ۲)، صمغ تخم شربتی (۵ ، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی) و گلیسرول (۱۵ درصد وزنی) پخش شده در یک بافر استات (۵mm، pH ۴/۴) می‌باشد. مقدار کل فاز لیپیدی (روغن کانولا و اسانس زنجبیل) در حد ثابتی نگه داشته خواهند شد (۱۰ درصد وزنی). فاز لیپیدی پیش از هموژنیزاسیون اولتراسوند، با مخلوط کردن روغن کانولا و زنجبیل با نسبت‌های (زنجبیل ۵٪ و کانولا ۵٪) ، ( زنجبیل ۲٪ و کانولا ۸٪) و (زنجبیل ۳/۵ ٪ و کانولا ۶/۵ ٪) با همزن مگنت دار ۳۰۵۰۰ دور بر دقیقه فرموله می‌شود ( Gharibzahedi and Mohammadnabi, 2017).

در مرحله ی بعد به منظور حذف باقیماندهٔ ناخالصی ها، سوسپانسیون حاصل از غشای اولترافیلتراسیون مجهز به نانوفیلتر سرامیکی عبور داده شد (Huang *et al.*, 2009) به نحوی که امولسیون حاصل ذراتی در ابعاد ۵۰-۱۰۰ نانومتر داشته باشد. پردازشگر اولتراسونیک مجهز به یک پروب sonotrode تیتانیوم استوانه ای با قطر ۱۳mm می‌باشد. پارامترهای اولتراسونیک شامل توان اعمال اولتراسونیک (UAP) و زمان تشعشع (IT) عبارتند از: ۱۷۵ وات به مدت ۲۰ دقیقه. دمای نانوامولسیون‌ها توسط یک ترمومتر کنترل شده و با استفاده از یک حمام آب یخ تنظیم می‌شود. نانوامولسیون‌های تازه در ظرف شیشه ای پوشش داده شده با پارافیلم تا زمان آنالیز در دمای اتاق نگهداری می‌شوند. نانوامولسیون‌ها در دمای ۲۵ درجه به منظور تولید پوشش‌های خوراکی فیله ماهی نگهداری می‌شوند. فیله‌های پوشش‌دهی شده در دمای ۴ درجه به مدت ۱۲ روز نگهداری می‌شوند تا ویژگی‌های کیفیتی کریتیکال آنها ارزیابی شود ( Gharibzahedi and Mohammadnabi, 2017).

**- آماده سازی فیله ی ماهی قزل آلای رنگین کمان**

ماهی قزل آلا به صورت زنده از مزرعه پرورش ماهی در اطراف شهر تهران خریداری خواهد شد و پس از سر زنی، زدودن دم، باله‌ها و تخلیه شکمی، مجدداً با آب شستشو داده می‌شود. فیله‌های ماهی تک تک وزن گردیده و فیله‌های باوزن ۶۰-۵۰ گرم جهت آزمایش انتخاب می‌شود.

**- روش آزمون**

**- پوشش دهی نمونه‌ها**

فیله‌های ماهی بطور جداگانه به مدت ۲ دقیقه در محلول‌های تهیه شده غوطه ور شده و بعد از آن بمدت ۲ دقیقه جهت خروج محلول اضافه روی توری استریل قرار می‌گیرد. مرحله غوطه وری و آب چکانی یکبار دیگر تکرار می‌شود. بعد از آن نمونه‌ها بمدت ۱۵ دقیقه جهت شکل گیری پوشش نگه داشته شده و بعد هر فیله بطور جداگانه در کیسه مخصوص استومیکر استریل بسته بندی می‌گردد. و آزمونهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی در روزهای ۱ و ۶ و ۱۲ انجام می‌شود (Mohebi and Shahbazi, 2017).

**- اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی**

**- اسیدهای چرب آزاد**

اسیدهای چرب آزاد بر پایه اسید اولئیک بیان می‌شود. ۱۰ گرم نمونه ماهی با سولفات سدیم بدون آب (۲۰ گرم) و کلروفرم (۲۰ml ) مخلوط شده و با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف می‌شود. ۱۰ml اتانول به مخلوط فیلتر شده اضافه شده و در حضور فنول فتالئین با NaOH ۰/۰۱ نرمال تیتر می‌گردد تا رنگ صورتی کمرنگی که تا ۱۵ ثانیه پایدار باشد ایجاد شود ( Gharibzahedi and Mohammadnabi, 2017).

**- اندازه گیری بازهای فرار تام (TVN)**

۱۰ گرم از گوشت ماهی را همراه با ۲ گرم اکسید منیزیم و۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر درون بالن تقطیر کلدال ریخته و چند تکه سنگ جوش را هم به آن اضافه می‌گردد تا انتقال حرارت بهتر صورت بگیرد. در یک ارلن مایر به حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر، ۲۵ میلی لیتر محلول اسید بوریک ۲ درصد ریخته و چند قطره معرف پروتئین روی آن ریخته می‌شود. دستگاه کلدال یا تقطیر را وصل کرده و بالن حاوی نمونه را حرارت

داده تا به جوش بیاید.۲۵ دقیقه پس از به جوش آمدن، حرارت را ادامه می‌یابد. محلول تقطیر شده را با اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تیتر می‌گردد. با قرار دادن مقدار اسید سولفوریک مصرف شده در فرمول زیر می‌توان میزان TVN را محاسبه نمود (Gharibzahedi and Mohammadnabi, 2017).

مقدار اسید سولفوریک مصرف شده × (mg/100g) 1.4 = TVN

**- آزمون شمارش میکروبی**

جهت انجام شمارش کلی میکروبی از هر گروه ۲ نمونه جهت آنالیز برداشته می‌شود. از هر نمونه میزان ۱۰ گرم نمونه در شرایط استریل گرفته شده و در کیسه استریل همراه ۹۰ میلی لیتر محلول پپتون واتر ۰/۱ درصد در استومکر بمدت ۲ دقیقه هموژن می‌گردد. در مرحله بعد از رقت موجود رقتهای متوالی در ۹ میلی لیتر محلول رقیق کننده تهیه شد. از هر رقت میزان ۱ میلی لیتر با محیط پلیت کانت آگار پورپلیت تهیه کرده و بعد پلیت‌ها را بمدت ۴۸-۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد گرمخانه گذاری نموده و با شمارش تعداد کلونی شمارش کلی را محاسبه خواهد شد (Kakaei and Shahbazi, 2016).

**- تجزیه و تحلیل آماری**

جهت مقایسه شمارش باکتریایی از تست one-way ANOVA و تست tukey استفاده می‌گردد. اختلاف آماری کمتر از ۵ درصد معنی‌دار تلقی می‌شود. جهت مقایسه خصوصیات حسی از تست غیر پارامتریک mann-whitney و تست Kruskal-Wallis استفاده می‌گردد.

## یافته‌ها

با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و آزمون آماری ANOVA (آنالیز واریانس دو طرفه) در α ۰/۰۵=، اختلاف میانگین در نمونه‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. آنالیز واریانس یک شیوه کارامد آماری برای مقایسه میانگین یک صفت کمی در سطوح یک متغیر مقوله‌ای است. با توجه به تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون Kolmogrov-Smirnov ، استفاده گردید. موضوع همگنی واریانس‌ها یکی از مباحثی است که با گزارش آن خواننده را از درستی روشی که به کار برده‌ایم، آگاه می‌سازیم. در تحلیل واریانس همگنی واریانس‌ها به وسیله آماره لون بدست می آید. آماره لون یک مقدار F است که بالا بودن P value مربوط به آن در ستون sig. از مقدار بحرانی ۰/۰۵ بیانگر آن است که دلیلی برای ناهمگنی واریانس‌ها وجود ندارد. برای انجام تحلیل واریانس یک عاملی، ابتدا نرمال بودن و یکسانی واریانس متغیر وابسته از طریق آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. در مواردی که سطح معناداری مقدار محاسبه شده لون از ۰/۰۵ بزرگ‌تر است، دادهای مفروضه تساوی خطای واریانس‌ها را زیر سوال نبرده‌اند. بنابراین جهت تعیین گروه‌های معنادار با یکدیگر از آزمون تعقیبی دانکن استفاده گردید. در جدول ۱ مشخصات نمونه‌ها مشخص گشته است.

**- آزمون pH**

نتایج بررسی‌های صورت گرفته و تحلیل واریانس دو راهه میزان pH در جدول ۲ و نتایج آزمون دانکن در شکل ۱ نشان داده شده است. تحلیل واریانس دو راهه مستقل نشان می‌دهد که اثرات بدست آمده برای بین گروهی (F=6.496, df=4, P=0.008)، درون گروهی (F=00/0, df=10, P=0.000) و تعامل مجموع (F=00/0, df=14, P=0.000) معنادار می‌باشد. طبق آزمون دانکن نمونه ۳ و ۴ به طرز معنی‌داری (P<۰/۰۵) از نمونه شاهد و همچنین از نمونه ۱ و نمونه ۲ عملکرد بهتری دارند. نمونه ۳ و ۴ با هم اختلاف معنی‌دار ندارند و با بقیه اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) دارند. طبق آزمون دانکن بین نمونه روز اول با بقیه نمونه‌ها در میزان pH تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) وجود دارد. در روز ۱۲ به طرز معنی داری از روز ۱ و روز ۶ pH افزایش می‌یابد. روز ۱ و روز ۶ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) ندارند اما هر دو با روز ۱۲ اختلاف معنی‌دار دارند.

**- اسیدیته چربی استخراجی**

نتایج بررسی‌های صورت گرفته و تحلیل واریانس دو راهه میزان اسیدیته چربی استخراجی در جدول ۳ و نتایج آزمون دانکن در شکل ۲ نشان داده شده است. تحلیل واریانس دو راهه مستقل نشان می‌دهد که اثرات بدست آمده برای بین گروهی (F=1.185, df=4, P=0.941)، درون گروهی (F=00/0, df=10, P=0.000) و تعامل مجموع

(F=00/0, df=14, P=0.000) معنادار می‌باشد. طبق آزمون دانکن نمونه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) ندارند. طبق آزمون دانکن بین نمونه روز اول با بقیه نمونه‌ها نشان می‌دهد که در روز ۱۲ اسیدیته چربی استخراجی بر حسب اسید اولئیک به طرز معنی‌داری (P<۰/۰۵) نسبت به روزهای ۱ و ۶ افزایش یافته است. روزهای ۱ و ۶ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) ندارند اما هردو با روز ۱۲ اختلاف معنی دار دارند (شکل ۲).

**- آزمون TVN**

نتایج بررسی‌های صورت گرفته و تحلیل واریانس دو راهه میزان اسیدیته چربی استخراجی در جدول ۴ و نتایج آزمون دانکن در شکل ۳ نشان داده شده است. تحلیل واریانس دو راهه مستقل نشان می‌دهد که اثرات بدست آمده برای بین گروهی (F=0.939, df=4, P=0.480)، درون گروهی (F=00/0, df=10, P=0.000) و تعامل مجموع (F=00/0, df=14, P=0.000) معنادار می‌باشد. طبق آزمون دانکن نمونه‌ها با یکدیگر نشان می‌دهد نمونه ۱ و ۲ با شاهد اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) ندارند ولی با نمونه ۳ و ۴ اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) دارند. طبق آزمون دانکن بین نمونه روز اول با بقیه نمونه‌ها نشان می‌دهد که در روز TVN ۱۲ به طرز معنی‌داری (P<۰/۰۵) از روز ۱ و روز ۶ بیشتر شده است. روز ۱ و روز ۶ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) ندارند اما هر دو با روز ۱۲ اختلاف معنی دار دارند (شکل ۳).

**جدول ۱- مشخصات و نام گذاری نمونه ها**

**Table 1- Specification and naming of samples**

| Samples | The percentage of chia seed gum | Ginger essential oil |
|---|---|---|
| Control | 0% | 0% |
| 1 | 5% | 2% |
| 2 | 5% | 5% |
| 3 | 15% | 2% |
| 4 | 15% | 5% |



**جدول ۲- نتایج تحلیل واریانس دو راهه میزان pH براساس نمونه‌ها و ساعت آزمایش**

**Table 2- Results of two-way analysis of variance of pH level based on samples and test hours.**

| | Sig | F | MS | DF | SS |
|---|---|---|---|---|---|
| Between groups | 0.008 | 6.496 | 0.185 | 4 | 0.741 |
| Intergroup | 0.000 | - | 0.029 | 10 | 0.785 |
| Total | 0.000 | - | 0 | 14 | 1.026 |

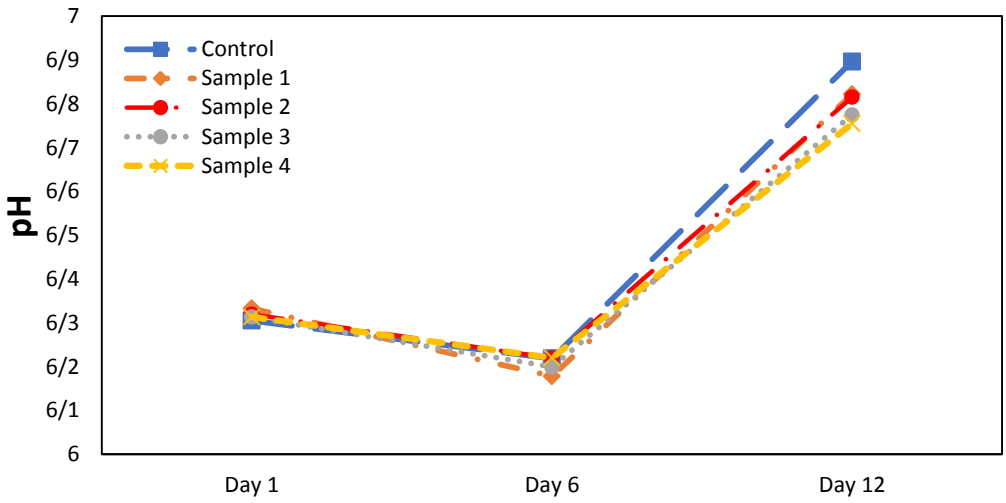


**Figure 1 - pH graphs.**

**شکل ۱ - نمودارهای میزان pH.**

جدول ۳- نتایج تحلیل واریانس دو راهه میزان اسیدیته چربی استخراجی براساس نمونه ها و ساعت آزمایش

**Table 3- Results of two-way analysis of variance of extracted fat acidity based on samples and test hours**

| | Sig | F | MS | DF | SS |
|---|---|---|---|---|---|
| Between groups | 0.941 | 0.185 | 0.000 | 4 | 0.002 |
| Intergroup | 0.000 | - | 0.002 | 10 | 0.024 |
| Total | 0.000 | - | 0 | 14 | 0.026 |

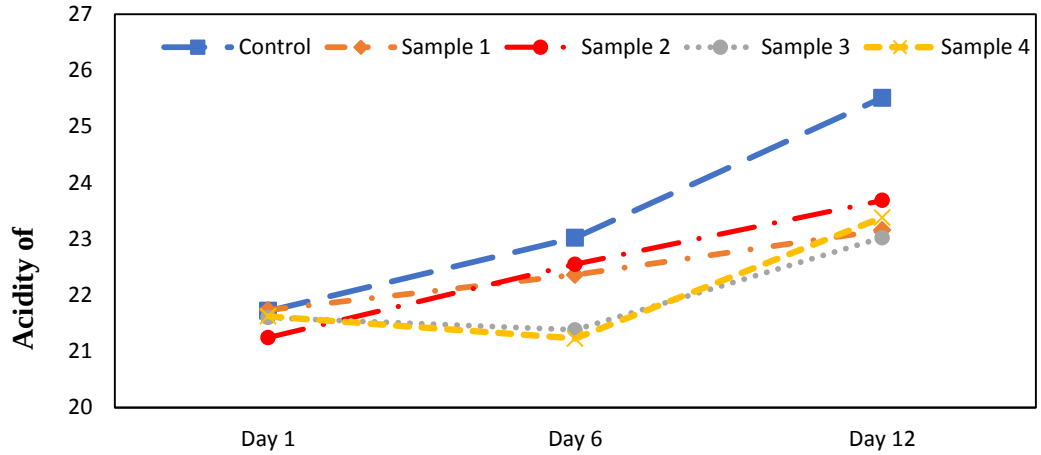


**Figure 2- shows changes in the acidity of extracted fat during the first, sixth, and twelfth days.**

شکل ۲- بررسی تغییرات میزان اسیدیته چربی استخراجی طی روزهای اول ، ششم و دوازدهم.

جدول ۴- نتایج تحلیل واریانس دو راهه میزان آزمون TVN براساس نمونه ها و ساعت آزمایش

**Table 4- Results of two-way analysis of variance of TVN test rate based on samples and test hours**

| | Sig | F | MS | DF | SS |
|---|---|---|---|---|---|
| Between groups | 0.480 | 0.939 | 1.480 | 4 | 5.918 |
| Intergroup | 0.000 | - | 1.576 | 10 | 15.755 |
| Total | 0.000 | - | 0 | 14 | 21.674 |

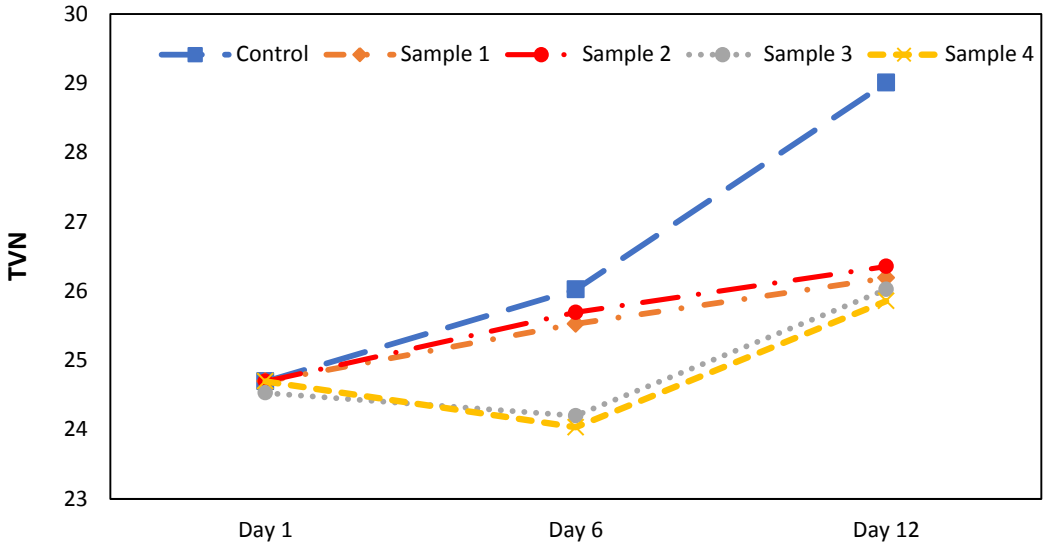


**Figure 3- the changes in TVN during the first, sixth, and twelfth days.**

شکل۳- بررسی تغییرات میزان TVN طی روزهای اول ، ششم و دوازدهم

**- شمارش میکروبی**

نتایج مربوط به شمارش کلی باکتری در تیمارهای بسته‌بندی شده با فیلم‌های تهیه شده به همراه تیمار کنترل(شاهد) در شرایط نگهداری در دمای یخچال به مدت ۱۲روز در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، شمارش باکتری در تمامی تیمارها در طول مطالعه دارای روندی افزایشی بوده است که طبق آزمون دانکن نمونه‌ها با یکدیگر نشان می‌دهد در نمونه شاهد به طرز معنی‌داری (P<۰/۰۵) شمارش میکروبی از سایر نمونه‌ها بالاتر است. نمونه‌های ۱،۲،۳ و ۴ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) ندارند اما همگی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) دارند. طبق آزمون دانکن در شمارش میکروبی نشان می‌دهد که در روز ۱۲ نسبت به روز ۶ و در روز ۶ نسبت به روز ۱ افزایش معنی‌داری (P<۰/۰۵) یافته است. هر سه زمان با یکدیگر اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) دارند.

## بحث

می‌بایست توجه داشت که معمولا تفاوت در میزان چربی کل در ماهی ها، عمدتاً ناشی از تفاوت در نوع تغذیه، فصل صید، جنس، اندازه ماهی و شرایط محیطی زندگی ماهی‌های قزل‌آلای رنگین کمان می باشد. این تفاوت‌ها ممکن است روی رشد میکروبی و همچنین خواص حسی محصول نظیر طعم، بو و بافت و در نتیجه روی پذیرش آن توسط مشتری تاثیر بگذارد.

کم بودن میزان اولیه بار باکتریایی کل برای فیله‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، نشان دهنده‌ی کیفیت مناسب و شرایط مطلوب تهیه فیله‌ها می‌باشد و این تفاوت در میزان اولیه بار باکتریایی به عوامل متعددی نظیر دستکاری حین تهیه فیله ماهی، آلودگی وسایل بکار رفته و نیز بهداشت افراد درگیر در کار بستگی دارد.

کمیته بین‌المللی تعیین ویژگی‌های میکروبیولوژی مواد غذایی (ICMSF) حد مجاز برای میزان بار باکتریایی کل در ماهی خام را تعیین کرده و برای همه نمونه‌ها در log ۷ CFU/g است (Chong *et al.*, 2014).

فساد میکروبی ماهی و محصولات آن که در یخچال نگهداری می‌شوند عمدتاً توسط باکتریهای سرمادوست گرم منفی هوازی نظیر سودوموناس‌ها، آلتروموناس، شیوانلا و فلاویوباکتریوم‌ها ایجاد می‌شود. نقش باکتریها در فساد ماهی آمین زدایی اسیدهای آمینه آزاد و تولید ترکیبات نیتروژنی فرار می‌باشد، که علاوه بر کاستن از ارزش غذایی ماهی، بو و طعم نامطبوعی به آن می‌دهد.



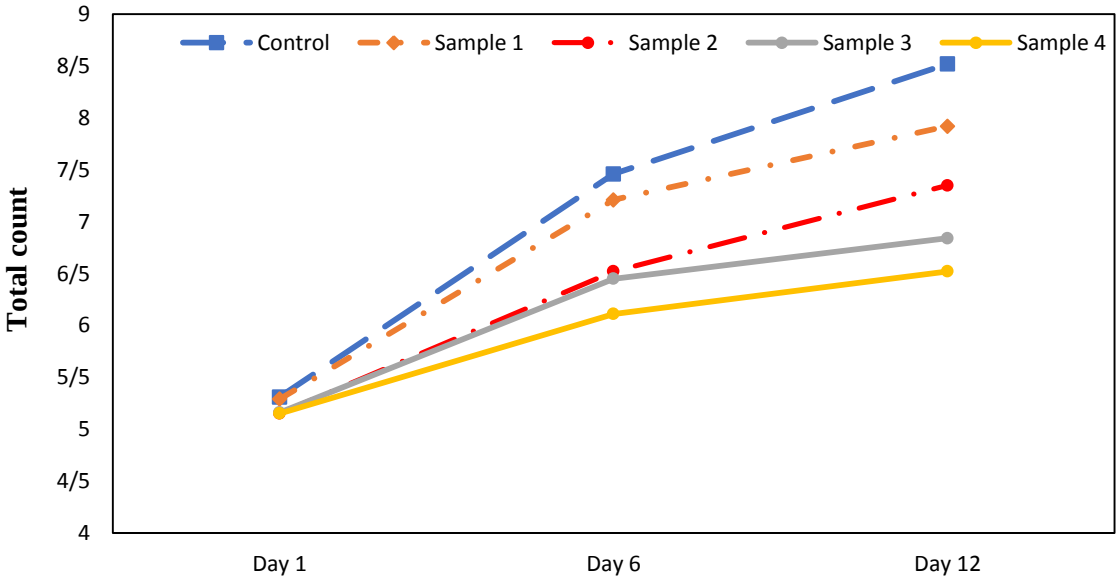


**Figure 4- the changes in microbial counts during the first, sixth and twelfth days.**
**شکل ۴- بررسی تغییرات میزان شمارش میکروبی طی روزهای اول ، ششم و دوازدهم.**

طبق مطالعات صورت گرفته موسیلاژ تخم شربتی به تنهایی فاقد خواص ضد میکروبی می‌باشد. هر چند این پوشش می‌تواند بعنوان محافظی در برابر هوا عمل کرده و بدین طریق از فعالیت باکتری‌های هوازی بکاهد، اما با اضافه نمودن اسانس‌زنجبیل به پوشش ژلاتینی می‌توان خاصیت ضد میکروبی را در این پوشش‌های خوراکی زیست فعال ایجاد کرد (Munda et al., 2018; Segura-Campos *et al*., 2014).

این بررسی نشان داد که با استفاده از پوشش ژلاتینی حاوی موسیلاژ تخم شربتی و اسانس زنجبیل، هرچه میزان درصد موسیلاژ تخم شربتی و اسانس زنجبیل در بین تیمارهای موجود بیشتر باشد، می‌توان بیشتر از رشد باکتری‌ها در فیله‌های تازه ماهی جلوگیری کرد و ویژگی‌های حسی آن شامل بافت، بو، طعم، ظاهر، رنگ و پذیرش کلی را نیز تا حدود زیادی حفظ نمود و موجب افزایش دوره نگهداری فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان در یخچال شد. در نمونه‌های تیمار شده با پوشش‌های خوراکی زیست فعال بر پایه صمغ تخم شربتی و نانوامولسیون اسانس زنجبیل با ایجاد خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی و نیز ایجاد لایه محافظ در برابر اکسیژن منجر به افزایش دوره نگهداری و حفظ کیفیت فیله‌ها شد. هر چند نمونه‌های دارای پوشش نیز در روز ۱۲ پایان دوره نگهداری در یخچال فاقد شرایط لازم برای مصرف بود، ولی شرایطی به مراتب بهتر در مقایسه با نمونه شاهد داشتند.

در نتیجه با استفاده از این پوشش‌های خوراکی زیست فعال می‌توان از رشد باکتری‌ها در فیله‌های تازه ماهی جلوگیری کرده و ویژگی‌های حسی آن شامل بافت، بو، رنگ و پذیرش کلی را نیز تا حدود زیادی حفظ کرد. بنابراین استفاده از پوشش خوراکی زیست فعال بر پایه صمغ تخم شربتی و نانوامولسیون اسانس زنجبیل می‌تواند پوشش فعالی را ایجاد کند که بعنوان یک محافظ برای محصولات غذایی تازه بکار م ی‌رود. پس از انجام آزمایشات، نتایج آزمایشات بدست آمده بدین شرح می‌باشد:

بر طبق پژوهش و بررسی‌های انجام شده، باکتری‌های پروبیوتیک به علت تولید اسیدلاکتیک، اسید پروپیونیک، اسید استیک و اسید بوتیریک، pH محیط را کاهش می‌دهند که یکی از روش‌های مهار رشد و کنترل عوامل بیماری‌زا (طیف وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت و منفی) و مولد فساد در محصولات غذایی است. علاوه بر این، باکتری‌های پروبیوتیک توانایی تولید باکتریوسین و پراکسید هیدروژن می‌باشند که در افزایش میزان مدت زمان ماندگاری مواد غذایی بسیار مؤثرند.

نتایج تحلیل واریانس دو راهه برای میزان pH نشان می‌دهد که تأثیر معناداری از جانب نمونه‌ها و ساعت‌های آزمایش بر میزان pH وجود دارد. طبق آزمون دانکن، نمونه‌ها اختلافات معناداری در میزان pH دارند. به طور خاص، نمونه‌های ۳ و ۴ از نمونه‌های کنترل و نمونه‌های ۱ و ۲ با عملکرد بهتری معنی دار هستند. همچنین، در روز ۱۲ میزان pH افزایش یافته و از روز ۱ و روز ۶ متمایز شده است. این نتایج نشان می‌دهد که زمان و نوع نمونه‌ها تأثیر گذار بر میزان pH است.

تحلیل واریانس برای اسیدیته چربی استخراجی نشان می‌دهد که تأثیر معناداری از جانب ساعت‌های آزمایش بر میزان اسیدیته چربی وجود دارد. اما نمونه‌ها تفاوت معناداری ندارند. این نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در اسیدیته چربی استخراجی به مرور زمان رخ می‌دهد و نوع نمونه‌ها تأثیر معناداری ندارد.

نتایج تحلیل واریانس آزمون TVN نشان می‌دهد که تأثیر معناداری از جانب ساعت‌های آزمایش بر میزان TVN وجود دارد. طبق آزمون دانکن، نمونه‌ها اختلاف معناداری در میزان TVN دارند، به ویژه نمونه‌های ۱ و ۲ از نمونه‌های ۳ و ۴ متفاوت هستند. همچنین، در روز ۱۲ میزان TVN از روز ۱ و روز ۶ بیشتر است. این نتایج نشان می‌دهند که زمان تأثیر گذارترین عامل بر میزان TVN است. مواد ازته فرار در محصولات غذایی تازه نگهداری شده در دمای یخچال در یک زمان طولانی در اثر تجزیه مولکول‌های پروتئینی و غیرپروتئینی به وجود می‌آیند که این تجزیه ممکن است در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های مولد فساد یا فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک باشد. این آنزیم‌ها موجب تجزیه و شکسته شدن ترکیبات پروتئینی و غیرپروتئینی گوشت می‌شوند و نتیجه‌ی این فعل و انفعالات تولید و آزاد شدن مقادیر آمونیاک و آمین‌های نوع اول، دوم و سوم در گوشت می‌باشد.(Jouki et al., 2014)

تحلیل واریانس برای شمارش میکروبی نشان می‌دهد که تأثیر معناداری از جانب نمونه‌ها و ساعت‌های آزمایش بر

تعداد میکروب‌ها وجود دارد. طبق آزمون دانکن، نمونه‌های کنترل از نمونه‌های دیگر تفاوت معناداری در تعداد میکروب‌ها دارند. نمونه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ تفاوت معناداری با نمونه کنترل دارند. همچنین، تغییرات معناداری در تعداد میکروب‌ها در طول زمان (روز ۱، روز ۶ و روز ۱۲) وجود دارد. این نتایج نشان می‌دهد که نوع نمونه‌ها و زمان تأثیر گذار بر تعداد میکروب‌ها هستند.

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که تغییرات معناداری در میزان pH، اسیدیته چربی استخراجی، آزمون TVN، و شمارش میکروبی در نمونه‌های مختلف و در طول زمان رخ می‌دهد. عواملی مانند پیوندهای مستحکم بین باکتری، ماترکس فیلم و مقاومت در برابر تغییرات نامناسب مثل شرایط فیزیکی–شیمیایی و... در زمان نگهداری فیلم‌های خوراکی بر بقای باکتری‌های پروبیوتیک مؤثرند. بر طبق نتایج مشخص شد بیشترین میزان بقاء باکتری‌ها در ارتباط با نمونه ۴ گزارش شد که پس از آن نمونه ۲ و ۳ قرار دارند که به طور کلی می‌توان گفت میزان بقاء و ماندگاری درصد بالای فیلم‌ها به صورت معنی‌داری بیشتر از نمونه بدون فیلم است. که با مطالعه‌ای مطابقت دارد که در این مطالعه نیز که در زمان نگهداری بستنی سین بیوتیک بررسی شده بود، میزان بقاء و ماندگاری لاکتوباسیل‌ها به صورت معنی‌داری بیشتر از نمونه بدون فیلم گزارش گردید. کمتر بودن میزان بقاء می‌تواند به مواردی مانند حساسیت بیشتر آن به کاهش مواد مغذی، فعالیت آبی، میزان اکسیژن و دمای نگهداری ارتباط داد(Sánchez-González et al., 2013). همچنین بر اساس نتایج مشخص شد بین زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها و زمان نگهداری همبستگی منفی وجود داشت ($P < ۰/۰۵$) که با مطالعه‌ای توسط مظفرذوق و همکاران (۲۰۲۰) و سموال و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد (Mozaffarzogh *et al*., 2020; Semwal *et al*., 2022).

بر همین اساس در برخی مطالعات اثر ضدمیکروبی بسته‌بندی‌های خوراکی حاوی باکتری‌های پروبیوتیک مورد بررسی قرار گرفته و اثبات شده‌اند. به عنوان مثال در در مطالعات مختلفی مانند مطالعه‌ی کریمی و همکاران (۲۰۲۰) اثر ضدمیکروبی پروبیوتیک‌ها در بسته‌بندی‌های خوراکی علیه باکتری استافیلوکوکوس اورئوس مشخص گردیده است. طبق نتایج در این مطالعه بیان گردید فیلم خوراکی نانوکامپوزیت پروبیوتیکی مبتنی بر نانوالیاف سلولز (CNF) و ایزوله پروتئین آب پنیر حاوی پلی دکستروز (WPI) حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم با توجه به هاله‌های مهاری علیه باکتری مانند استافیلوکوکوس اورئوس می‌تواند در سیستم بسته‌بندی مواد غذایی زیست فعال استفاده شود (Karimi *et al*., 2020).

باکتری‌های مولد اسیدلاکتیک یکی از رایج‌ترین باکتری‌های موجود در فیله ماهی قزل‌آلا تازه در حین نگهداری طولانی مدت در دمای یخچال می‌باشد نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه‌ای توسط مظفرذوق و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد(Mozaffarzogh *et al*., 2020). بر طبق یافته‌ها مشخص شد فیلم‌های مورد بررسی باعث تاخیر در رشد میکروبی فیله‌ها در مقایسه با شاهد در پایان دوره نگهداری شدند و زمان ماندگاری را به حداقل ۲ هفته افزایش دادند (Mozaffarzogh *et al*., 2020).

## نتیجه گیری

مطالعه حاضر به منظور بررسی تاثیر پوشش خوراکی زیست فعال بر پایه صمغ تخم شربتی و نانوامولسیون اسانس زنجبیل بر ماندگاری فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان در طی مدت زمان ۱۲ روز نگهداری در یخچال طراحی و انجام شد. این بررسی نشان داد که با استفاده از پوشش ژلاتینی حاوی موسیلاژ تخم شربتی و اسانس زنجبیل، هرچه میزان درصد موسیلاژ تخم شربتی و اسانس زنجبیل در بین نمونه های موجود بیشتر باشد، می‌توان بیشتر از رشد باکتری‌ها در فیله‌های تازه ماهی جلوگیری و موجب افزایش دوره نگهداری فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان در یخچال شد. اما در نمونه‌های نمونه شده با پوشش‌های خوراکی زیست‌فعال بر پایه صمغ تخم شربتی و نانوامولسیون اسانس زنجبیل با ایجاد خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی و نیز ایجاد لایه محافظ در برابر اکسیژن منجر به افزایش دوره نگهداری و حفظ کیفیت فیله‌ها شد. هر چند نمونه‌های دارای پوشش نیز در روز ۱۲ پایان دوره نگهداری در یخچال فاقد شرایط لازم برای مصرف بود، ولی شرایطی به مراتب بهتر در مقایسه با نمونه شاهد داشتند. بنابراین استفاده از پوشش خوراکی زیست فعال بر پایه صمغ تخم شربتی و نانوامولسیون اسانس زنجبیل می‌تواند پوشش فعالی را ایجاد کند که بعنوان یک محافظ

برای محصولات غذایی تازه بکار می‌رود. در ادامه برای گسترش تحقیقات در این زمینه، انجام آزمایش‌ها با محلول‌های ژلاتینی پوشش دهی حاوی درصدهای مختلف دیگری از نانوامولسیون اسانس زنجبیل و موسیلاژ تخم ریحان و همچنین انجام آزمون‌ها در تعداد روزهای بیشتری در طول مدت زمان نگهداری فیله‌های ماهی قزل آلای رنگین کمان و انجام آزمایشات تکمیلی مانند آزمون حسی ، رنگ و بافت پیشنهاد می‌گردد.

## منابع


Aboutalebzadeh, S., Esmaeilzadeh-Kenari, R. & Jafarpour, A. (2022a). Nano-encapsulation of sweet basil essential oil based on native gums and its application in controlling the oxidative stability of Kilka fish oil. Journal of Food Measurement and Characterization, 16 (3), 2386–2399. http://dio.org/10.1007/S11694-022-01332-2

Anwar, D. A., Eid, H. R. & Rashad, S. (2022). Impact of Xanthan Gum Incorporated with Black Tea Extract as Edible Coating for Shelf Life Extension and Quality Maintenance of Zander Fish Fillets (Sander lucioperca). Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 26 (6), 279–298. http://dio.org/10.21608/EJABF.2022.272172.

Beikzadeh, S., Khezerlou, A., Jafari, S. M., Pilevar, Z. & Mortazavian, A. M. (2020). Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry, Advances in Colloid and Interface Science, 280, 102164. http://dio.org/10.1016/J.CIS.2020.102164.

Cejko, B. I., Dryl, K., Sarosiek, B., Ilgert, J., Jesiołowski, M. & Kowalski, R. K. (2022). Application of sodium alginate solution for short-term storage of different volumes of sex-reversed rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) testicular sperm. Aquaculture, 560, 738491. http://dio.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2022.738491.

Ceylan, Z., Meral, R., Kose, Y. E. & Cavidoglu, I. (2020). Wheat germ oil nanoemulsion for oil stability of the cooked fish fillets stored at 4 °C, Journal of Food Science and Technology, 57 (5), 1798–1806. http://dio.org/10.1007/S13197-019-04213-7/TABLES/4.

Chaudhary, S. (2023). Chitosan nanoemulsion: A sustainable approach for quality preservation of fish and fishery foods. Food Control, 151, 109790. http://dio.org/10.1016/J.FOODCONT.2023.109790.

Chong, C. Y., Abu Bakar, F., Rahman, R. A., Bakar, J. & Zaman, M. Z. (2014). Biogenic amines, amino acids and microflora changes in Indian mackerel (Rastrellinger kanagurta) stored at ambient (25-29 °c) and ice temperature (0 °c). Journal of Food Science and Technology, 51 (6), 1118–1125. http://dio.org/10.1007/S13197-012-0621-3/TABLES/1.

Chuesiang, P., Ryu, V. & Siripatrawan, U. (2023). Effect of nanoemulsion to minimise undesirable odour and colour of cinnamon bark oil and to improve sensory properties of refrigerated Asian seabass fillets. International Journal of Food Science & Technology, 58 (1), 126–134. http://dio.org/10.1111/IJFS.16171.

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. http://dio.org/10.1021/JF049033E.

Espinosa-Andrews, H., Morales-Hernández, N., García-Márquez, E. & Rodríguez-Rodríguez, R. (2023). Development of fish oil microcapsules by spray drying using mesquite gum and chitosan as wall materials: physicochemical properties, microstructure, and lipid hydroperoxide concentration. International Journal of Polymeric Materials 72(8), http://dio.org/10.1080/00914037.2022.2042289

Feng, X., Tjia, J. Y. Y., Zhou, Y., Liu, Q., Fu, C. & Yang, H. (2020) Effects of tocopherol nanoemulsion addition on fish sausage properties and fatty acid oxidation. LWT, 118, 108737. http://dio.org/10.1016/J.LWT.2019.108737.

Gharibzahedi, S. M. T. & Mohammadnabi, S. (2017). Effect of novel bioactive edible coatings based on jujube gum and nettle oil-loaded nanoemulsions on the shelf-life of Beluga sturgeon fillets. International Journal of Biological Macromolecules, 95, 769–777. http://dio.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2016.11.119.

Gimmel, A., Baumgartner, K., Bäckert, S., Tschudin, A., Lang, B. & Hein, A. (2022). Effects of Storage Time and Thawing Method on Selected Nutrients in Whole Fish for Zoo Animal Nutrition. Animals,12 (20), 2847. http://dio.org/10.3390/ANI12202847.

Hajji, S., Kchaou, H., Bkhairia, I., Ben Slama-Ben Salem, R., Boufi, S., Debeaufort, F. & Nasri, M. (2021). Conception of active food packaging films based on crab chitosan and gelatin enriched with crustacean protein hydrolysates with improved functional and biological properties. Food Hydrocolloids, 116, 106639. http://dio.org/10.1016/J.FOODHYD.2021.106639.

İnanan, B. E. (2020). Fertilization rate, motility, lipid peroxidation and pH changes after chilled storage of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) eggs and spermatozoa by a RMPI medium. Aquaculture Research, 51 (1), 222–231. http://dio.org/10.1111/ARE.14368.

Jouki, M., Yazdia, F. T., Mortazavia, S. A., Koocheki, A. & Khazaei, N. (2014). Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. International Journal of Food Microbiology, 174, 88–97. http://dio.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2014.01.001.

Kakaei, S. & Shahbazi, Y. (2016). Effect of chitosan-gelatin film incorporated with ethanolic red grape seed extract and Ziziphora clinopodioides essential oil on survival of Listeria monocytogenes and chemical, microbial and sensory properties of minced trout fillet. LWT - Food Science and Technology, 72, 432–438. http://dio.org/10.1016/J.LWT.2016.05.021.

Karimi, N., Alizadeh, A., Almasi, H. & Hanifian, S. (2020). Preparation and characterization of whey protein isolate/polydextrose-based nanocomposite film incorporated with cellulose nanofiber and L. plantarum: A new probiotic active packaging system. LWT, 121, 108978. http://dio.org/10.1016/J.LWT.2019.108978.

Kawecki, K., Stangierski, J. & Cegielska-radziejewska, R. (2021). The Influence of Packing Methods and Storage Time of Poultry Sausages with Liquid and Microencapsulated Fish Oil Additives on Their Physicochemical, Microbial and Sensory Properties. Sensors, 21 (8), 2653. http://dio.org/10.3390/S21082653.

Khalil, S. M. I., Bulfon, C., Galeotti, M., Acutis, P. L., Altinok, I. & Kotzamanidis, C. (2023). Immune profiling of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) exposed to Lactococcus garvieae: Evidence in asymptomatic versus symptomatic or vaccinated fish. Journal of Fish Diseases, 46 (7), 731–741. http://dio.org/10.1111/JFD.13782.

Kim, J., Lee, C. M., Moon, S. Y., Jeong, Y. Il, Kim, C. S. & Lee, S. Y. (2022) Biomedical Membrane of Fish Collagen/Gellan Gum Containing Bone Graft Materials. Materials, 15 (8), 2954. http://dio.org/10.3390/MA15082954.

Kuepethkaew, S., Sangkharak, K., Benjakul, S. & Klomklao, S. (2016). Laundry detergent-stable lipase from Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) hepatopancreas: Effect of extraction media and biochemical characterization. International Journal of Food Properties, 20(4). http://dio.org/10.1080/10942912.2016.1180534

Mohebi, E. & Shahbazi, Y. (2017). Application of chitosan and gelatin based active packaging films for peeled shrimp preservation: A novel functional wrapping design. LWT - Food Science and Technology, 76, 108–116. http://dio.org/10.1016/J.LWT.2016.10.062.

Mozaffarzogh, M., Misaghi, A., Shahbazi, Y. & Kamkar, A. (2020). Evaluation of probiotic carboxymethyl cellulose-sodium caseinate films and their application in extending shelf life quality of fresh trout fillets. LWT, 126, 109305. http://dio.org/10.1016/J.LWT.2020.109305.

Munda, S., Dutta, S., Haldar, S. & Lal, M. (2018). Chemical Analysis and Therapeutic Uses of Ginger (Zingiber officinale Rosc.) Essential Oil: A Review. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21 (4), 994–1002. http://dio.org/10.1080/0972060X.2018.1524794.

Naderi Farsani, M., Meshkini, S. & Manaffar, R. (2021). Growth performance, immune response, antioxidant capacity and disease resistance against Yersinia ruckeri in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) as influenced through singular or combined consumption of resveratrol and two-strain probiotics. Aquaculture Nutrition, 27 (6),

2587–2599. http://dio.org/10.1111/ANU.13387.

Özogul, Y., El Abed, N. & Özogul, F. (2022). Antimicrobial effect of laurel essential oil nanoemulsion on food-borne pathogens and fish spoilage bacteria. Food Chemistry, 368, 130831. http://dio.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130831.

Rodrigues, P., Ferrari, F. T., Barbosa, L. B., Righi, A., Laporta, L., Garlet, Q. I., Baldisserotto, B. & Heinzmann, B. M. (2021). Nanoemulsion boosts anesthetic activity and reduces the side effects of Nectandra grandiflora Nees essential oil in fish. Aquaculture, 545, 737146. http://dio.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2021.737146.

Sánchez-González, L., Quintero Saavedra, J. I. & Chiralt, A. (2013). Physical properties and antilisterial activity of bioactive edible films containing Lactobacillus plantarum. Food Hydrocolloids, 33 (1), 92–98. http://dio.org/10.1016/J.FOODHYD.2013.02.011.

Segura-Campos, M. R., Ciau-Solís, N., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L. & Betancur-Ancona, D. (2014). Chemical and functional properties of chia seed (Salvia hispanica L.) gum. International Journal of Food Science, 241053. http://dio.org/10.1155/2014/241053.

Semwal, A., Ambatipudi, K. & Navani, N. K. (2022). Development and characterization of sodium caseinate based probiotic edible film with chia mucilage as a protectant for the safe delivery of probiotics in functional bakery. Food Hydrocolloids for Health, 2, 100065. http://dio.org/10.1016/J.FHFH.2022.100065.

Sotelo-Boyás, M., Correa-Pacheco, Z., Bautista-Baños, S. & Gómez y Gómez, Y. (2017). Release study and inhibitory activity of thyme essential oil-loaded chitosan nanoparticles and nanocapsules against foodborne bacteria. International Journal of Biological Macromolecules, 103, 409–414. http://dio.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2017.05.063.

Stangierski, J., Baranowska, H. M., Rezler, R. & Kawecki, K. (2022). The Effect of Packaging Methods, Storage Time and the Fortification of Poultry Sausages with Fish Oil and Microencapsulated Fish Oil on Their Rheological and Water-Binding Properties. Molecules, 27 (16), 5235. http://dio.org/10.3390/MOLECULES27165235.

Tang, W., Pang, S., Luo, Y., Sun, Q., Tian, Q. & Pu, C. (2022). Improved protective and controlled releasing effect of fish oil microcapsules with rice bran protein fibrils and xanthan gum as wall materials. Food & Function, 13 (8), 4734–4747. http://dio.org/10.1039/D1FO03500B.

Tsai, C. L., Perng, K., Hou, Y. C., Shen, C. J., Chen, I. N. & Chen, Y. T. (2023). Effect of species, muscle location, food processing and refrigerated storage on the fish allergens, tropomyosin and parvalbumin. Food Chemistry, 402, 134479. http://dio.org/10.1016/J.FOODCHEM.2022.134479.

Urzúa, N., Mancini, M., Lüders, C., Errecalde, C. & Prieto, G. (2022). Evaluación de la actividad depresora del mentol en trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en diferentes condiciones de pH. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru, 32 (4). http://dio.org/10.15381/RIVEP.V32I4.19425.

Food Technology & Nutrition / Winter 2024 / Vol. 21 / No. 1

# Investigating the Effect of Chia Seed Gum and Ginger Nanoemulsion on the Microbial and Chemical Characteristics of Rainbow Trout During Storage

**A. Mozafari** [*a]

[a] Doctoral Student of General Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Science and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 2 July 2023 Accepted: 13 November 2023



## Abstract

**Introduction:** Nowadays, due to consumers' interest in fresh fish over frozen fish, the importance of keeping and supplying fresh fish is increasing day by day.

**Materials and Methods:** In this study, the effect of edible bioactive coating based on chia seed gum and nanoemulsion of ginger essential oil on the shelf life of rainbow salmon fillet during 12 days of storage in the refrigerator was investigated. In order to carry out this aim, fresh salmon fillets were prepared with four different gelatin solutions with different percentages from 2 to 15% of and then the fillets were stored in a refrigerator. In order to check the performance of this coating, microbial tests consisting of total microbial count, measurement of free fatty acids based on oleic acid, measurement of total volatile bases (TVN) and pH were periodically performed for all samples on days 1, 6, and 12.

**Results:** According to Duncan's test, the results show that in the control sample, the microbial count is significantly (P<0/05) higher than the other samples, and also the microbial count tests show that on the $12^{th}$ day, as compared to the $6^{th}$ day and $6^{th}$ day as compared to $1^{st}$ day, there were significant increases (P<0/05). The acidity of extracted fat on the $12^{th}$ day increased significantly (P<0/05) as compared to the first and sixth days.

**Conclusion:** In general, the results of this research indicated that these compounds can be used to increase the shelf life of rainbow salmon.

***Keywords**: Gum Extract, Ginger Essential Oil, Nanoemulsion, Rainbow Trout, Shelf Life.*

* Corresponding Author: mozafari95@gmail.com

علوم غذایی و تغذیه / زمستان ۱۴۰۲ / سال بیست و یکم / شماره ۱