



مقاله علمی-پژوهشی

تهیه فیلم نانوکامپوزیت حاوی نانو ذرات اکسید روی و نانولیپوزوم کوثرستین بر پایه گلو تن گندم جهت بسته بندی گوشت ماهی قزل آلا ی رنگین کمان

حجت بکشلو^۱، سجاد پیرسا^{۲*}، فروغ محترمی^۳، مصطفی بنر^۴

۱- دانشجوی دکتری گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- استاد گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۴- استادیار گروه شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه استانبول، استانبول، ترکیه

چکیده	اطلاعات مقاله
هدف از این پژوهش تهیه فیلم نانوکامپوزیت بر پایه گلو تن گندم حاوی نانولیپوزوم کوثرستین و نانوذرات اکسیدروی و استفاده از آن بسته بندی ماهی قزل آلا ی رنگین کمان بود؛ که بدین منظور در این تحقیق اثر نانولیپوزوم کوثرستین در سطوح (۰، ۵، ۱۰٪ حجمی / حجمی) و نانوذره اکسیدروی در سطوح (۰، ۳، ۶٪ وزنی / وزنی) با استفاده از روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی فیلم نانوکامپوزیت مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت نمونه بهینه در بسته بندی گوشت ماهی قزل آلا ی رنگین کمان برای بررسی خواص آن در طی مدت زمان نگهداری (۰، ۳ و ۶ روز) استفاده شدند. همچنین نتایج بررسی های گوشت ماهی بسته بندی شده نشان داد که استفاده از فیلم نانوکامپوزیت گلو تن گندم حاوی ۱۰٪ نانولیپوزوم کوثرستین و ۶٪ نانوذرات اکسیدروی منجر به کاهش اندیس پراکسید، شاخص ترکیبات ازته فرار، شاخص تیوباربیتوریک اسید و شمارش کلی میکروبی در طی مدت زمان نگهداری شد. همچنین در چربی نمونه های مورد بررسی تفاوت معناداری مشاهده نگردید و رنگ گوشت ماهی بسته بندی شده نسبت به نمونه شاهد کدرتر بود. در نهایت با توجه به نتایج حاصله و بررسی های صورت گرفته افزودن ۱۰٪ نانولیپوزوم کوثرستین و ۶٪ نانوذرات اکسیدروی در فرمولاسیون فیلم نانوکامپوزیت گلو تن گندم منجر به بهبود خصوصیات فیلم تولیدی و خصوصیات ماهی بسته بندی شده در طول مدت زمان نگهداری گردید.	تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶ کلمات کلیدی: گلو تن گندم، نانوذرات اکسیدروی، نانولیپوزوم کوثرستین، ماهی قزل آلا ی رنگین کمان DOI:10.22034/FSCT.21.149.210. * مسئول مکاتبات: pirsa7@gmail.com

۱- مقدمه

گوشت و فرآورده‌های گوشتی اعمال می‌شوند، عموماً تأثیر مثبتی بر خواص حسی محصولات نشان می‌دهند [۵]. فیلم های خوراکی لایه‌ای نازک از مواد بیوپلیمری با ضخامت ۲۵۰ میکرومتر هستند. این پوشش‌ها در سطح یا بین اجزای مواد غذایی قرار گرفته و به عنوان سدی در برابر انتقال مواد عمل می‌کنند [۶]. از مهم ترین مزایای فیلم های خوراکی این است که می‌توانند به عنوان حامل برای افزودنی‌ها و ترکیبات مختلف مانند مواد ضد میکروبی، آنتی اکسیدان‌ها و غیره عمل کنند که در این حالت به آنها بسته بندی فعال گفته می‌شود. بسته بندی فعال نوعی بسته بندی است که علاوه بر داشتن خواص بازدارندگی اصلی بسته بندی های معمول (مانند خواص بازدارندگی در برابر گازها و بخار آب و تنش های مکانیکی)، با تغییر شرایط بسته بندی، ایمنی و ماندگاری و یا ویژگی های حسی ماده غذایی را بهبود می‌بخشند و در عین حال کیفیت ماده غذایی حفظ می‌گردد [۷]. همچنین کارایی و ویژگی های این نوع بسته بندی‌ها وابسته به ویژگی های ذاتی مواد تشکیل دهنده فیلم یعنی بیوپلیمرها (مانند پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها)، نرم کننده‌ها و سایر مواد افزودنی است [۸]. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی نحوه تهیه نانولپوزوم کوئرتستین و استفاده از آن در تهیه فیلم نانوکامپوزیت برپایه گلوتن گندم حاوی نانولپوزوم کوئرتستین و نانو ذرات اکسیدروی جهت بسته بندی گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

ماهی قزل آلائی رنگین کمان از بازار محلی ارومیه (ایران)، گلوتن گندم (۷۵-۸۲٪ پروتئین) از شرکت گلمهر کرمانشاه (ایران)، اکسیدروی (۲۰ تا ۴۰ نانومتر) از شرکت سپید اکسید زنجان (ایران) و کوئرتستین از شرکت FZBIOTECH (چین) تهیه گردیدند. سایر مواد شیمیایی مورد نیاز از برند شرکت مرک (آلمان) خریداری شدند.

۲-۲- تهیه فیلم نانوکامپوزیت

ماهی قزل آلائی رنگین کمان از گروه ماهی‌های سردآبی و متعلق به خانواده آزاد ماهیان است. نام علمی آن *Oncorhynchus mykiss* و نام انگلیسی آن Rainbow trout می‌باشد [۱]. گوشت ماهی قزل آلائی رنگین کمان سرشار از پروتئین، ویتامین‌های (A, D, E, K) و مواد معدنی (منیزیم، کلسیم، مس، ید، فسفر، گوگرد، پتاسیم و روی) می‌باشد و منبع غنی اسیدهای آمینه ضروری (لیزین، لوسین، آرژنین، هیستیدین، والین، تریپتوفان و...) و اسیدهای چرب ضروری (اسید لینولینیک، اسید آراشیدونیک و اسید لینولئیک) است [۲]. ماهی به دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی اسید چرب دارای چند پیوند دوگانه و درصد بالای پروتئین جزء مواد غذایی فاسد شدنی با سرعت زیاد می‌باشد و نگهداری آن در شرایط نامناسب باعث بروز فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی در گوشت ماهی شده و زمینه فساد و کاهش کیفیت گوشت ماهی را فراهم می‌نماید. از مهمترین نوع فسادها در گوشت ماهی، فساد اتولیتیکی، فساد باکتریایی و فساد شیمیایی می‌باشد. از ترکیبات شیمیایی موجود در بدن ماهی که دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی می‌باشد، اسیدهای چرب غیر اشباع هستند [۳]. اسیدهای چرب در مجاورت هوا اکسید شده و خواص خود را از دست می‌دهند. همچنین اسیدهای چرب با تغییرات نامطلوبی که در طعم و بوی محصولات ایجاد می‌کنند سبب ظهور علائم فساد در محصول شده و آن را غیر قابل مصرف می‌نمایند. با توجه به اینکه بسیاری از ماهیان دارای مقادیر زیادی از اسیدهای چرب چند زنجیره‌ای غیراشباعی هستند، بنابراین سرعت اکسیداتیو مهم ترین مشکل تکنولوژی فرآوری غذاهای دریایی می‌باشد [۴]؛ بنابراین با توجه به توضیحات ارائه شده برای جلوگیری از تغییرات نامطلوب در گوشت ماهی، در سال‌های اخیر، بسته بندی فعال ضد میکروبی و هوشمند به عنوان یک فناوری مانع ایمنی مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته‌اند. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی دارای خواص مکانیکی خوب، موانع گاز و رطوبت هستند و زمانی که روی

صورت میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه گوشت ماهی بیان گردید [۱۱].

۳-۳- اندازه گیری میزان تیوباریتوریک اسید (TBARS)

ابتدا ۱ گرم از نمونه در حضور ۵ میلی لیتر محلول آبی ۵ درصد تری کلرواستیک اسید و همچنین ۵ میلی لیتر از محلول BHT^۱ در هگزان با غلظت ۰/۸ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر همگن گردید. سپس مخلوط حاضر در ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و پس از دور ریختن لایه بالایی ۲/۵ میلی لیتر از لایه پایینی با ۱/۵ میلی لیتر محلول آبی ۲-تیوباریتوریک اسید با غلظت ۰/۸ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر مخلوط گردید و ترکیب حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم ۳۷ درجه سانتی گراد گرمخانه گذاری شد. جذب نوری مخلوط حاصل پس از سرد شدن در طول موج ۵۳۲ نانومتر قرائت و عدد تیوباریتوریک اسید بر مبنای میکروگرم مالون دی آلدئید در هر کیلوگرم از نمونه با استفاده از ماده استاندارد او۳او۳-تترا اتوکسی پروپان محاسبه گردید [۱۰].

۳-۴- اندازه گیری میزان پراکسید

میزان ۰/۳ گرم نمونه همراه با ۹/۸ میلی لیتر کلروفرم - متانول به مدت ۴-۲ ثانیه ورتکس شدند. سپس ۰/۰۵ میلی لیتر از محلول تیوسیانات آمونیوم ۱۰ میلی مولار به آن اضافه شده و به مدت ۴-۲ ثانیه ورتکس گردید. بعد از افزودن ۰/۰۵ سی سی از محلول آهن (II) مجدداً ۴-۲ ثانیه ورتکس انجام شد. بعد از ۵ دقیقه انکوباسیون در درجه حرارت اتاق، جذب نوری در طول موج ۵۰۰ نانومتر قرائت گردید [۱۲].

۳-۵- شناسایی و شمارش کلی باکتری ها

به منظور تعیین بار میکروبی ۵ گرم نمونه با ۴۵ میلی لیتر آب مقطر به کیسه استریل استومیکر منتقل و توسط دستگاه استومیکر (استومیکر ۴۰۰ ساخت شرکت Seward انگلیس) به صورت هموژن درآمد. سپس نمونه تا رقت ۱۰^۵ میلی لیتر رقیق گردید. ۱ میلی لیتر از هر رقت در پلیت قرار داده و محیط کشت پلیت کانت آگار به آن افزوده شد. هر پلیت به

جهت تهیه فیلم نانوکامپوزیت مورد مطالعه، ابتدا ۳۰ گرم پودر گلو تن گندم و ۹/۹ گرم گلیسرول در ۱۳۵ میلی لیتر اتانول توسط همزن مغناطیسی مخلوط شدند؛ سپس ۹۰ میلی لیتر آب دیونیزه به آرامی به محلول همگن حاصله افزوده و تا رسیدن محلول به pH ۱۱ هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار به محلول اضافه شد. محلول بدست آمده در طی ۲۰ دقیقه تا ۷۵ درجه سانتی گراد گرم و در این شرایط به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد. سپس محلول داخل فالكون ریخته و با سرعت ۴۰۰۰ rpm به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. محلول شفاف رویی به عنوان پایه فیلم از قسمت غیر محلول جدا شد. دو ترکیب نانولیپوزوم کوثرستین و نانوذرات اکسیدروی مطابق طرح آماری جدول ۱ به محلول اضافه شدند و به مدت ۳۰ دقیقه هم زده شدند تا محلول یکنواختی حاصل شد. و از دستگاه هموژنایزر (D9I12 شرکت هیدولف، آلمان) برای همگن سازی محلول به مدت ۲ دقیقه و در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه استفاده گردید. محلول نهایی تهیه شده در داخل پلیت های ۹/۵ سانتی ریخته و به مدت ۱ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۵۰ درصد خشک شد. تمامی فیلم های تهیه شده در کیسه های پلاستیکی مخصوص زیپ دار تا زمان انجام آزمون ها در تاریکی و دما ۴ درجه سانتی گراد نگه داری شدند [۹].

۳- آزمون های گوشت ماهی

۳-۱- اندازه گیری میزان چربی گوشت

میزان چربی فیله ماهی قزل آلائی رنگین کمان از روش سوکسله براساس روش کریمی ثانی و همکاران ۲۰۲۱ اندازه گیری گردید [۱۰].

۳-۲- اندازه گیری میزان ازت فرار (TVB-N)

به منظور اندازه گیری میزان ازت فرار ۱۰ گرم نمونه به همراه ۲ گرم اکسید منیزیم با افزودن ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر در بالن کلدال مخلوط شدند و عصاره مورد نظر به محلول متشکل از اسید بوریک ۲ درصد و ۲ - ۱ قطره متیل رد به عنوان شاخص اضافه گردید. محلول زرد رنگ حاصله با اسید سولفوریک تا حاصل شدن رنگ ارغوانی تیترا شد و به

1 -Butylated Hydroxy Toluene

قسمت اول: در این مرحله فیلم نانوکامپوزیت گلو تن حاوی نانو ذرات اکسید روی و نانولیپوزوم کوثرستین تهیه و سپس اثر دو متغیر درصد نانولیپوزوم کوثرستین و درصد نانو ذره اکسید روی هر کدام در سه سطح در ۱۳ تیمار توسط نرم افزار آماری Design expert 11 مطابق با جدول زیر با روش سطح پاسخ (RSM) طرح مرکب مرکزی بر روی خواص فیلم تولیدی مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین بعد از آنالیز داده ها، فیلم های بهینه بر اساس طرح فاکتوریل انتخاب شده و اثر (۱) فیلم خالص، (۲) اثر متقابل هر دو متغیر با بیشترین مقدار بر روی فیلم بررسی شدند.

قسمت دوم: در این بخش از فیلم بهینه تهیه شده در بخش اول جهت بسته بندی فعال و هوشمند گوشت ماهی استفاده شد و اثر زمان نگهداری و نیز حضور یا عدم حضور فیلم فعال مطابق جدول 1 بر ویژگی های کیفی گوشت ماهی بررسی گردید.

منظور توزیع همگن نمونه به دقت تکان داده شد. بعد از چند دقیقه همه پلیت ها وارونه شده و در انکوباتور به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۳۷ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. بعد از ۴۸ ساعت همه کلونی ها شمارش شدند [۱۳].

۳-۶- اندازه گیری ویژگی های رنگی فیلم بهینه در بسته بندی به عنوان سنسور رنگی

در این روش طی مدت زمان نگهداری، تغییرات فیلم نانوکامپوزیت جهت بسته بندی گوشت ماهی را با دستگاه رنگ سنج (Minolta CR300 Series, Minolta, CIE. Camera Co. Ltd., Osaka, Japan) اندازه گیری کرده و سپس داده ها ثبت شدند و تغییرات رنگی فیلم بهینه به عنوان سنسور رنگی با گذشت زمان نگهداری به صورت بصری مشاهده شدند.

۴- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری انجام گرفته در این پژوهش به صورت دو مرحله ای انجام شد.

Table 1. Statistical analysis of film samples prepared for packaging rainbow salmon meat

Sample	Blank	Max NL (10MI) + Max ZnO (6%)	-
Time (day)	0	3	6

نانوذرات اکسیدروی بر کاهش این شاخص در طی مدت زمان ماندگاری گوشت ماهی بسته بندی شده باشد؛ از طرفی نتیجه حاصله با نتایج فعالیت آنتی اکسیدانی فیلم خوراکی مطابقت داشت که کاهش این شاخص را می توان به فعالیت فوق العاده مهار رادیکال های آزاد فیلم خوراکی تهیه شده و کاهش سرعت اکسیداسیون لیپیدها، اسیدهای چرب غیراشباع و تولید متابولیت های ثانویه (اکسیداسیون ثانویه لیپیدها) در طی زمان نگهداری نسبت داد [۱۴، ۱۵]. نتایج مشابهی در این خصوص توسط Zheng و همکاران (۲۰۲۲) گزارش شد که بیان کردند که میزان افزایش شاخص تیوباربتوریک اسید در نمونه های گوشت خوک بسته بندی شده با فیلم بر پایه کیتوزان/نشاسته دانه coix حاوی نانوذرات اکسیدروی و اسانس Artemisia annua کاهش یافت [۱۶]. همچنین Lou و همکاران (۲۰۲۱) عنوان کردند

۱-۴- نتایج آزمون های گوشت ماهی قزل آلا ی رنگین

کمان بسته بندی شده

۲-۴- شاخص تیوباربتوریک اسید

نتایج شاخص تیوباربتوریک اسید نمونه های فیلم نانوکامپوزیت بر پایه گلو تن گندم در گوشت ماهی بسته بندی شده در نمودار a-۱ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می گردد، مطابق نتایج آنالیز آماری با گذشت زمان تا ۶ روز شاخص تیوباربتوریک اسید در نمونه های ماهی پوشانده شده، به طور معناداری افزایش یافت ($P \leq 0/05$)؛ بطوریکه این افزایش در نمونه های پوشانده شده با فیلم حاوی ۱۰٪ نانولیپوزوم کوثرستین و ۶٪ نانوذرات اکسیدروی نسبت به نمونه شاهد کمتر بود؛ که علت این پدیده می تواند به دلیل اثر هم افزایی و مثبت نانولیپوزوم کوثرستین و

یافت ($P \leq 0/05$)؛ اما این افزایش در نمونه حاوی-۱۰٪ نانولیپوزوم کوثرستین و ۶٪ نانوذره اکسیدروی کمتر از نمونه شاهد بود؛ به طوری که این امر عمدتاً به دلیل کاهش تشکیل هیدروپراکسیدها، کاهش اکسیداسیون و فعالیت آنتی اکسیدانی بالا توسط این دو ترکیب مورد استفاده می-باشد [۲۰]. نتایج مشابهی که در این زمینه توسط Feng و همکاران (۲۰۱۹) ارائه شد، بیان کردند که تاثیر پوشش آنتی-اکسیدانی و ضد میکروبی مبتنی بر نانوفیبریل های پروتئین آب پنیر با نانولوله های TiO_2 منجر به کاهش پراکسید گوشت سرد نسبت به سایر نمونه ها گردید [۲۱]. به علاوه Tongdeesoontorn و همکاران (۲۰۲۱) نتایج مشابهی در خصوص کاهش پراکسید در فیلم های آنتی اکسیدانی بر پایه نشاسته کاساوا / بایوکامپوزیت ژلاتین غنی شده با کوثرستین و TBHQ در گوشت خوک بیان کردند [۲۲].

۴-۵- چربی

نتایج حاصل از اندازه گیری چربی نمونه های گوشت ماهی بسته بندی شده با فیلم نانوکامپوزیت در نمودار ۱-d آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود در نمونه ی شاهد و سایر نمونه ی ماهی بسته بندی شده با فیلم های حاوی ۱۰٪ نانولیپوزوم کوثرستین و ۶٪ نانوذره اکسیدروی تفاوت معناداری در میزان چربی مشاهده نگردید ($P > 0/05$).

۴-۶- رنگ سنجی

نتایج حاصل از اندازه گیری رنگ نمونه های گوشت ماهی در نمودار ۱-e تا ۱-g نشان داده شده است. براساس نتایج با گذشت مدت زمان نگهداری (۶ روز) میزان روشنی (L^*) و میزان قرمزی (a^*) نمونه ها به طور معناداری کاهش و میزان زردی (b^*) نمونه های ماهی به طور معناداری افزایش یافت ($P < 0/05$)؛ بطوریکه تغییرات عنوان در رنگ نمونه ها در نمونه ماهی پوشانده شده با فیلم حاوی ۱۰٪ نانولیپوزوم کوثرستین و ۶٪ نانوذرات اکسیدروی کمتر از نمونه شاهد بود؛ که به دلیل بالا بودن خاصیت بالای مهار رادیکال های آزاد و کاهش اکسیداسیون لیپیدها در ترکیبات افزوده شده به فیلم خوراکی تهیه شده می باشد [۲۳]. نتایج موافقی توسط Shabahang و همکاران (۲۰۲۲) برای گوشت ماهی قزل

که فیلم های حاوی کوثرستین در مقایسه با فیلم های بر پایه کافرین و پلی تیلن خالص، به طور موثری منجر به کاهش شاخص تیوباریتوریک اسید در ماهی cod در طی زمان نگهداری شدند [۱۷].

۴-۳- شاخص ترکیبات ازته فرار

ترکیبات ازته فرار یکی از عوامل اصلی ارزیابی تازگی گوشت است. تغییرات شاخص ترکیبات ازته فرار نمونه های ماهی پوشش داده شده با فیلم نانوکامپوزیت بر پایه گلو تن گندم در طی مدت ۶ روز نگهداری در نمودار ۱-b نشان داده شده است. مطابق نتایج آنالیز آماری با گذشت زمان میزان ترکیبات ازته فرار نمونه ها به طور معناداری افزایش یافت ($P \leq 0/05$). از طرفی با افزودن ۱۰٪ نانولیپوزوم کوثرستین و ۶٪ نانوذرات اکسیدروی کاهش معناداری در میزان ترکیبات ازته نسبت به نمونه شاهد مشاهده گردید ($P \leq 0/05$). نتایج بیانگر این واقعیت هستند که ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون فیلم خوراکی تهیه شده علاوه بر داشتن خاصیت ضد میکروبی، منجر به کاهش ترکیبات و مواد نیتروژنی شده و همچنین باعث کاهش تجمع ترکیبات غیر پروتئینی نظیر آمونیاک، دی متیل آمین و تری متیل آمین (آمین های اولیه، ثانویه و سوم) در طول نگهداری می گردند [۱۵، ۱۸]. در این خصوص Khan و همکاران (۲۰۲۳) نتایج موافقی برای گوشت مرغ با استفاده از فیلم بر پایه *Artemisia sphaerocephala* Krasch حاوی نانوذرات اکسید روی و اسانس *forsythia* گزارش کردند. همچنین Lou و همکاران (۲۰۲۱) نیز در فیلم های حاوی کوثرستین در مقایسه با فیلم های بر پایه کافرین و پلی تیلن خالص در ماهی cod نتایج مشابهی بیان کردند [۱۹].

۴-۴- شاخص اندیس پراکسید

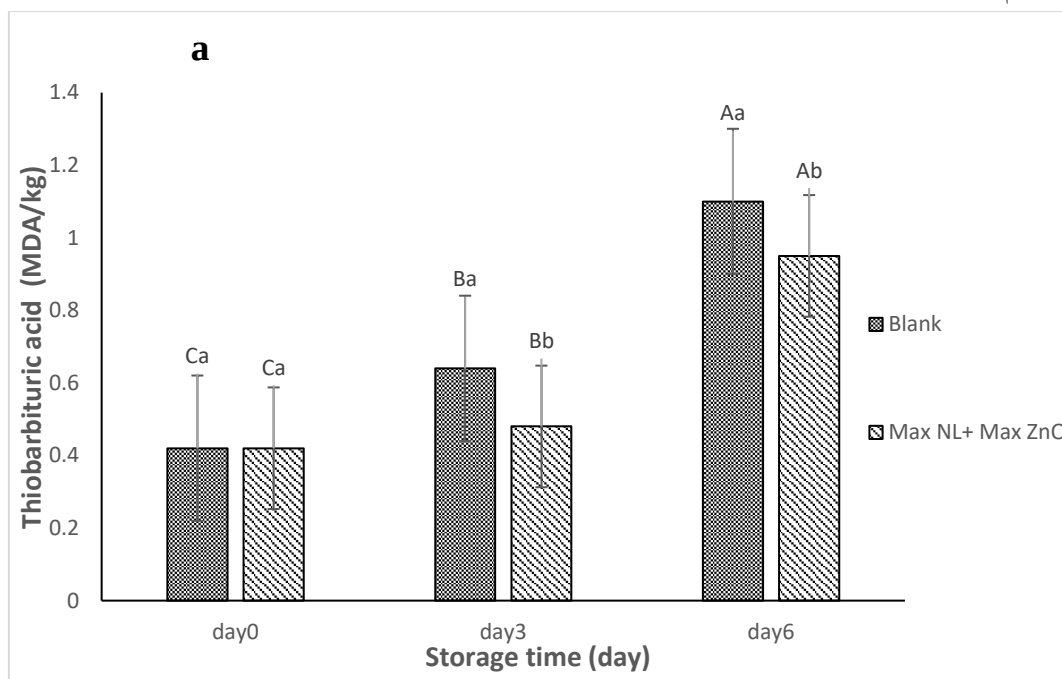
پراکسید شاخص مناسبی برای شناسایی فرآیند اکسیداسیون لیپید در گوشت است. نتایج حاصل از اندازه گیری اندیس پراکسید نمونه های ماهی قزل آلای رنگین کمان بسته بندی شده فیلم نانوکامپوزیت در نمودار ۱-c ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می گردد، با گذشت زمان تا ۶ روز اندیس پراکسید نمونه های ماهی به طور معناداری افزایش

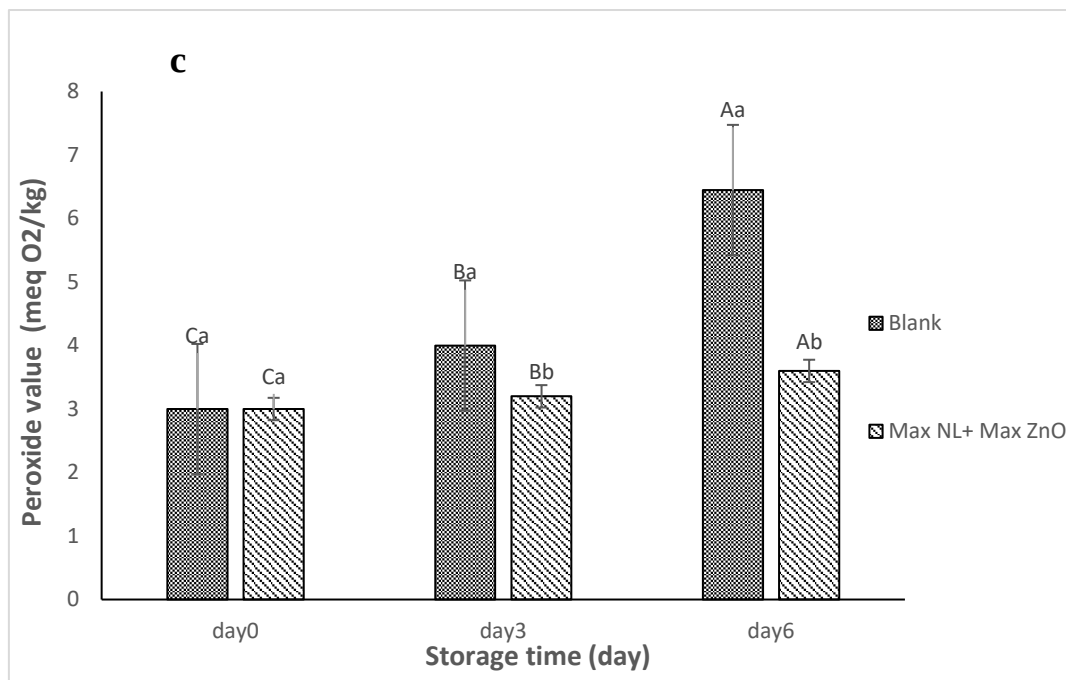
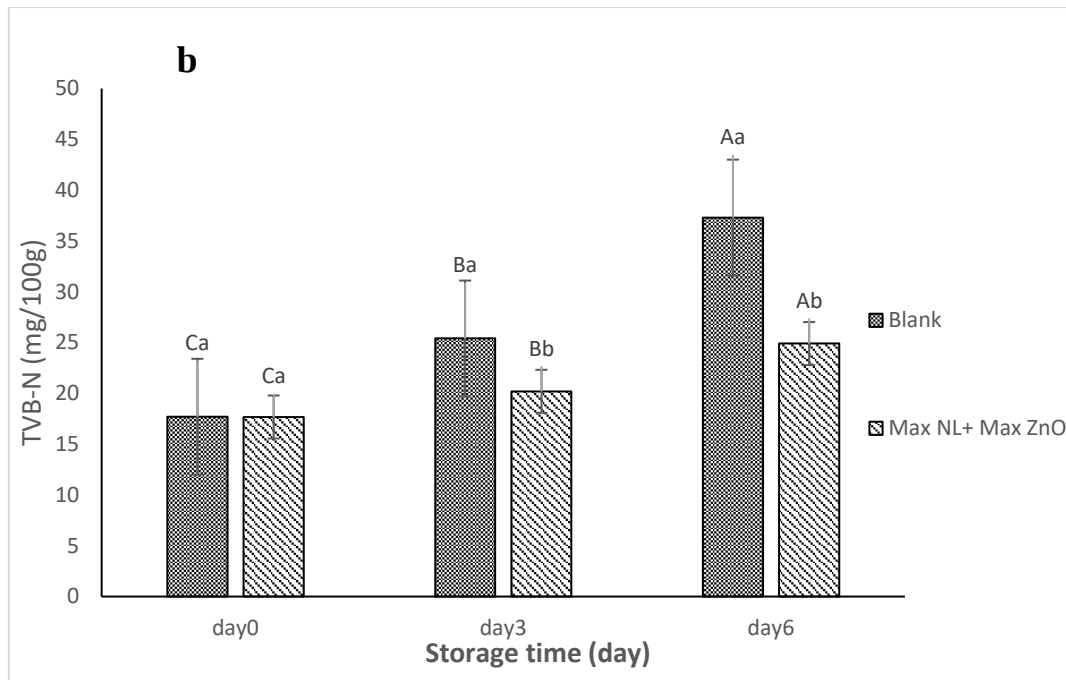
نمونه شاهد بود؛ که به دلیل بالا بودن خاصیت ضد میکروبی ترکیبات استفاده شده (کوئرتستین و نانوذره اکسیدروی) و اثر هم افزایی این دو ترکیب در فرمولاسیون فیلم نانوکامپوزیت تولیدی می باشد [۲۵]. نتایج مشابه توسط Sayadi و همکاران (۲۰۲۲) برای گوشت تازه پوشش داده شده با فیلم نانوکامپوزیتی مبتنی بر آلزینات همراه با اسانس زیره سبز و نانوذرات TiO_2 گزارش شد [۲۶]. همچنین Malvano و همکاران (۲۰۲۲) نتایج موافقی برای فیله مرغ تازه بسته بندی شده با فیلم فعال بر پایه آلزینات غنی شده با کمپلکس های هیدروکسی آپاتیت-کوئرتستین ارائه دادند [۱۱].

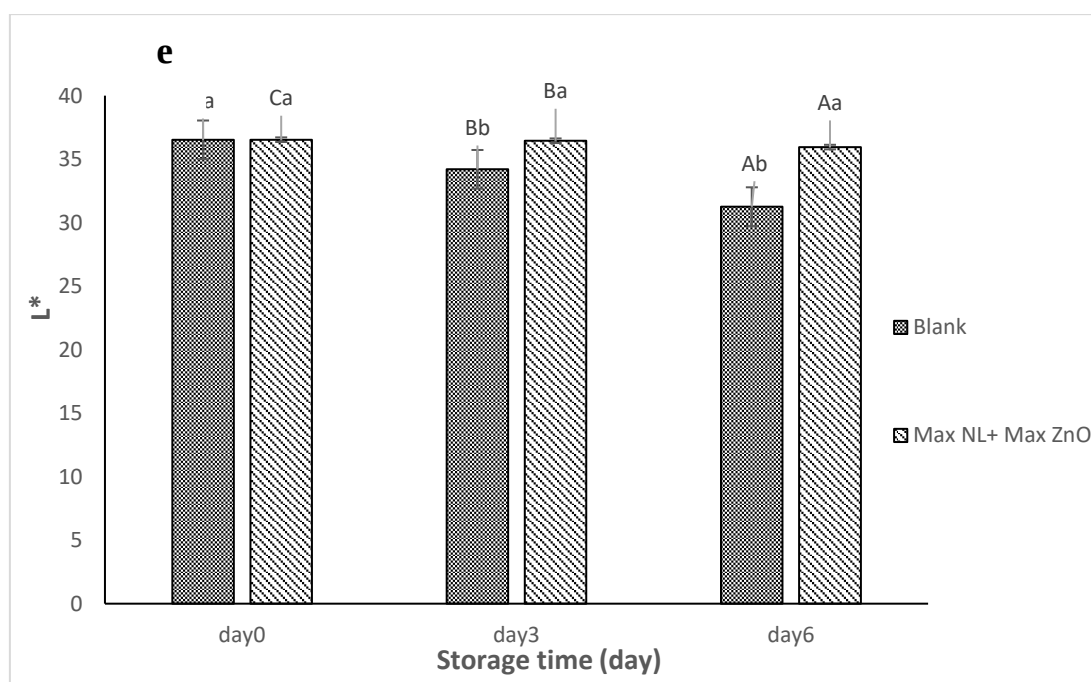
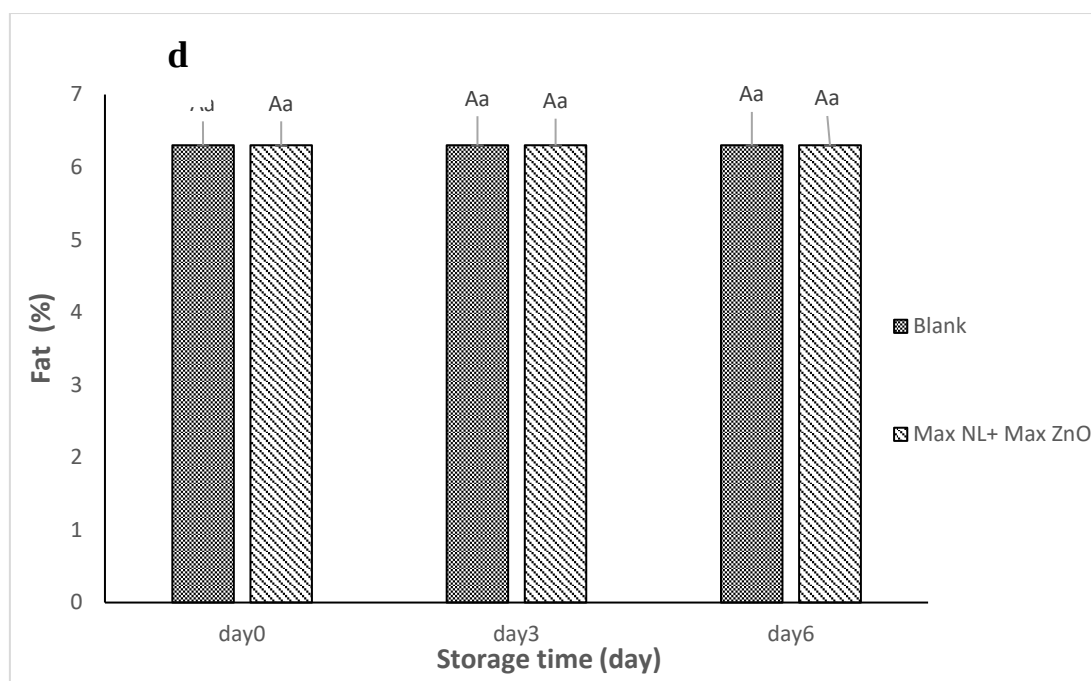
آلای رنگین کمان پوشانده شده با فیلم بر پایه وی پروتئین ایزوله/پکتین حاوی نانوذره اکسیدمس و بتانین گزارش شد [۲۴].

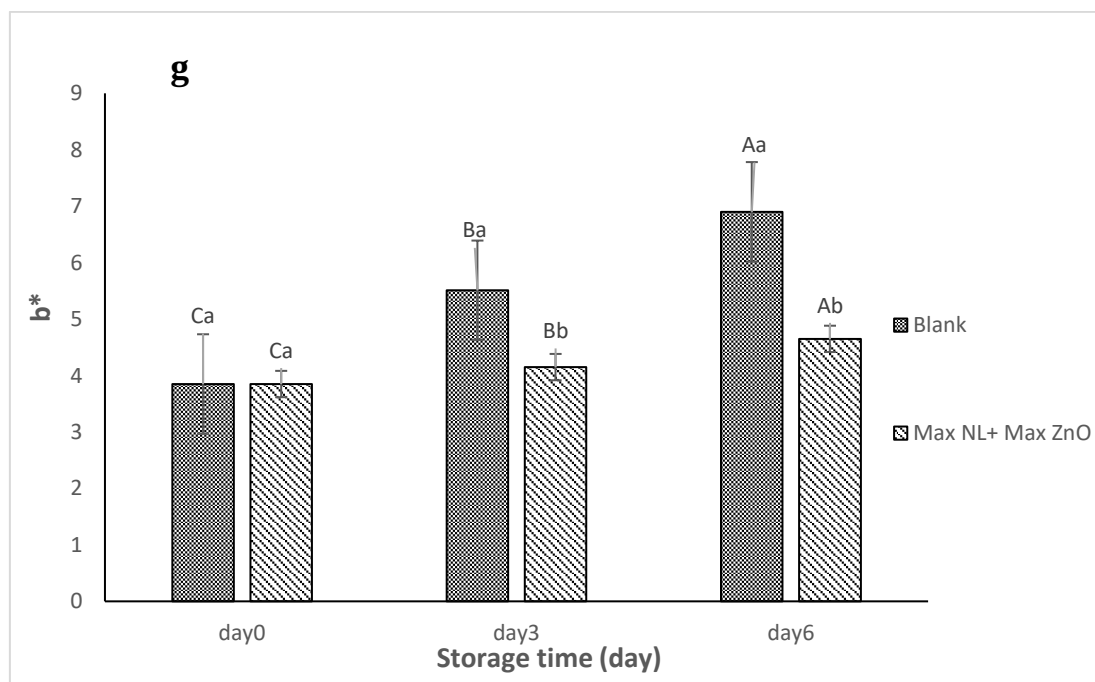
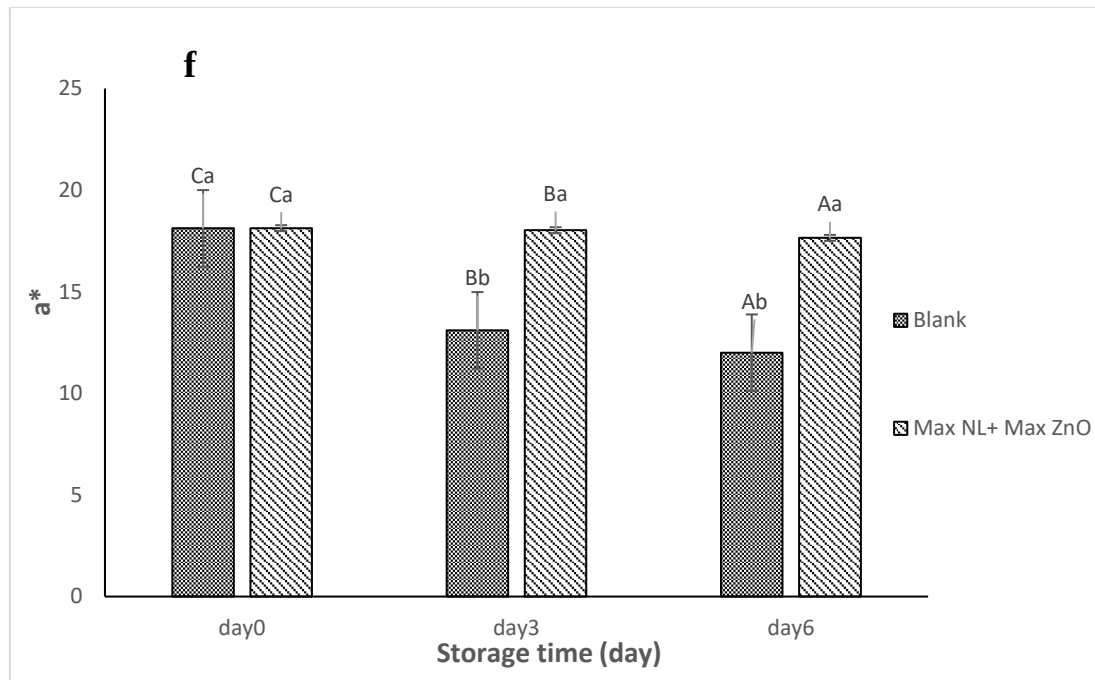
۷-۴- شمارش کلی میکروبی

شمارش کلی میکروبی نمونه های ماهی بسته بندی شده با فیلم نانوکامپوزیت در نمودار ۱-h نشان داده شده است. همان طور که ارائه شده است، شمارش میکروبی نمونه ها با گذشت زمان نگهداری تا ۶ روز به طور معناداری افزایش یافت ($P < 0/05$)؛ به طوری که سرعت رشد میکروبی در نمونه ی بسته بندی شده با فیلم بر پایه گلو تن گندم حاوی ۱۰٪ نانولیپوزوم کوئرتستین و ۶٪ نانوذرات اکسیدروی کمتر از









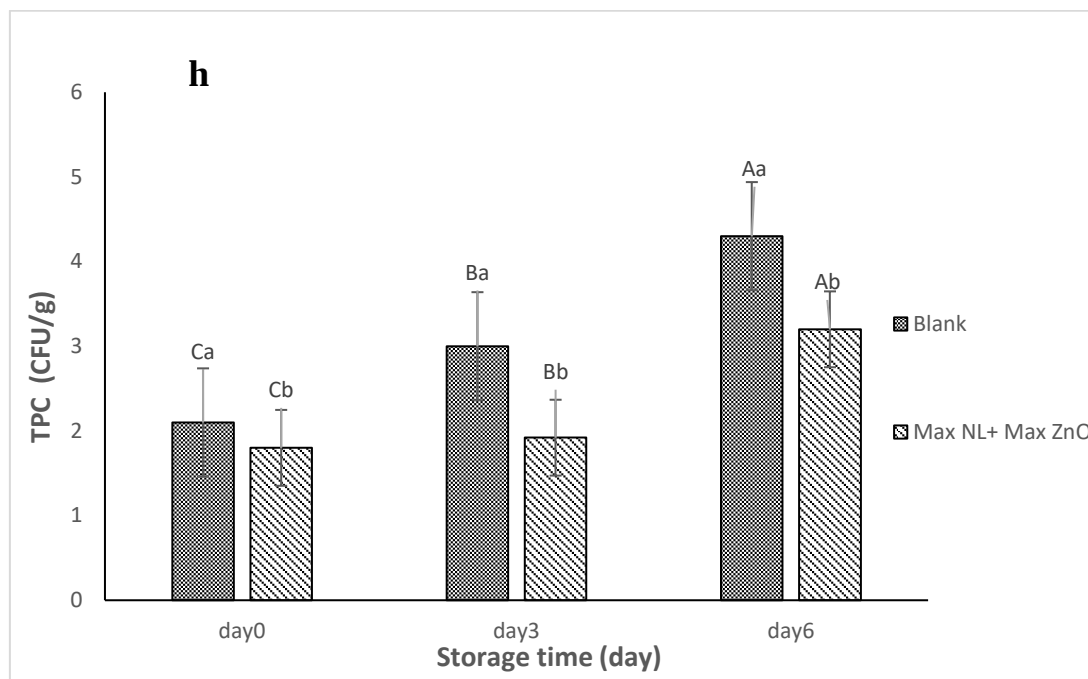


Figure 1(a-h). Physicochemical and microbial tests of optimal films for packaging rainbow salmon meat

عنوان ترکیبی برای افزایش ارزش تغذیه ای بسته بندی می باشد؛ بنابراین، در این تحقیق به بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و ساختاری فیلم های نانوکامپوزیت بر پایه پروتئین گیاهی گلوتن گندم حاوی افزودنی های با خاصیت آنتی اکسیدانی بالا نانولیپوزوم کوثرستین و نانوذره اکسیدروی پرداختیم و سپس فیلم نانوکامپوزیت بهینه و مناسب در بسته بندی گوشت ماهی قرل آلائی رنگین کمان مورد استفاده قرار گرفت که براساس نتایج حاصله نمونه حاوی ۱۰٪ نانولیپوزوم کوثرستین و ۶٪ نانوذره اکسیدروی به عنوان نمونه بهینه و مناسب در بسته بندی مواد غذایی فاسد شدنی می تواند معرفی و مورد استفاده قرار گیرد.

۶- منابع

- [1] D'Agaro, E., P. Gibertoni, and S. Esposito, Recent trends and economic aspects in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) sector. *Applied Sciences*, 2022. **12**(17): p. 8773.
- [2] Nawaz, A., et al., Evaluation of physicochemical, textural and sensory

۵- نتیجه گیری کلی

در طی سال های اخیر فناوری های نگهداری مواد غذایی با چالش های مهمی در رابطه با افزایش ماندگاری محصولات غذایی فاسد شدنی روبرو هستند؛ به طوری که در تلاش برای تحقق دو هدف مهم شامل، مناسب بودن فرآیندهای مورد استفاده و تولید محصولات نگهداری سازگار با محیط زیست با عدم وجود هیچ گونه عارضه جانبی بر سلامت متمرکز شده اند. علاوه بر این، امروزه محققان و صنعت گران به دنبال افزایش ارزش تغذیه ای این نوع محصولات نگهداری هم هستند؛ که در این بین یکی از این پروتکل های جدید نگهداری استفاده از فیلم ها و پوشش های خوراکی فعال و هوشمند حاوی ترکیبات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی به

quality characteristics of red fish meat-based fried snacks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019. **99**(13): p. 5771-5777.

- [3] Acharjee, D.C., M.I. Hossain, and G.M. Alam, Post-harvest fish loss in the fish value chain and the determinants: empirical

- evidence from Bangladesh. *Aquaculture International*, 2021. **29**(4): p. 1711-1720.
- [4] Rostamzad, H., et al., *Shelf life of refrigerated silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*, fillets treated with chitosan film and coating incorporated with ginger extract*. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 2019. **17**(2): p. 143-153.
- [5] Gat, P., et al., *A review on approaches of edible coating as potential packaging for meat, poultry and seafood*. *Current Nutrition & Food Science*, 2020. **16**(6): p. 874-883.
- [6] Hassani, D., I.K. Sani, and S. Pirsai, *Nanocomposite film of potato starch and gum Arabic containing boron oxide nanoparticles and anise hyssop (*Agastache foeniculum*) essential Oil: investigation of physicochemical and antimicrobial properties*. *Journal of Polymers and the Environment*, 2023: p. 1-12.
- [7] Khodaei, S.M., et al., *Application of intelligent packaging for meat products: A systematic review*. *Veterinary Medicine and Science*, 2023. **9**(1): p. 481-493.
- [8] Eghbaljoo, H., et al., *Development of smart packaging halochromic films embedded with anthocyanin pigments; recent advances*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2023: p. 1-17.
- [9] Chavoshizadeh, S., S. Pirsai, and F. Mohtarami, *Conducting/smart color film based on wheat gluten/chlorophyll/polypyrrole nanocomposite*. *Food Packaging and Shelf Life*, 2020. **24**: p. 100501.
- [10] Sani, I.K., et al., *Composite film based on potato starch/apple peel pectin/ZrO₂ nanoparticles/microencapsulated Zataria multiflora essential oil; investigation of physicochemical properties and use in quail meat packaging*. *Food Hydrocolloids*, 2021. **117**: p. 106719.
- [11] Malvano, F., et al., *Effects of active alginate edible coating enriched with hydroxyapatite-quercetin complexes during the cold storage of fresh chicken fillets*. *Food Packaging and Shelf Life*, 2022. **32**: p. 100847.
- [12] Umaraw, P., et al., *Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products*. *Trends in Food Science & Technology*, 2020. **98**: p. 10-24.
- [13] El-Mogy, M.M., et al., *Improving postharvest storage of fresh artichoke bottoms by an edible coating of *Cordia myxa* gum*. *Postharvest Biology and Technology*, 2020. **163**: p. 111143.
- [14] Yang, H., et al., *Preparation of three-layer flaxseed gum/chitosan/flaxseed gum composite coatings with sustained-release properties and their excellent protective effect on myofibril protein of rainbow trout*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2022. **194**: p. 510-520.
- [15] Sayyari, Z., et al., *The effect of nanocomposite edible coating enriched with *Foeniculum vulgare* essential oil on the shelf life of *Oncorhynchus mykiss* fish fillets during the storage*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2021. **30**(5): p. 579-595.
- [16] Zheng, K., et al., *Properties and biological activity of chitosan-coix seed starch films incorporated with nano zinc oxide and Artemisia annua essential oil for pork preservation*. *Lwt*, 2022. **164**: p. 113665.
- [17] Lou, D., et al., *Preparation and characterization of kafirin-quercetin film for packaging cod during cold storage*. *Journal of Texture Studies*, 2021. **52**(1): p. 71-80.
- [18] He, F., et al., *Developing a unidirectionally permeable edible film based on κ-carrageenan and gelatin for visually detecting the freshness of grass carp fillets*. *Carbohydrate polymers*, 2020. **241**: p. 116336.
- [19] Khan, S., et al., *The influence of forsythia essential oil and ZnO nanoparticles on the physicochemical properties of ASKG-based film and its effect on the preservation of meat quality*. *Food Bioscience*, 2023. **56**: p. 103239.
- [20] Venkatachalam, K. and S. Lekjing, *A chitosan-based edible film with clove essential oil and nisin for improving the quality and shelf life of pork patties in cold storage*. *RSC advances*, 2020. **10**(30): p. 17777-17786.
- [21] Feng, Z., et al., *Effect of antioxidant and antimicrobial coating based on whey protein nanofibrils with TiO₂ nanotubes on the quality and shelf life of chilled meat*. *International journal of molecular sciences*, 2019. **20**(5): p. 1184.
- [22] Tongdeesoontorn, W., et al., *Antioxidant films from cassava starch/gelatin biocomposite fortified with quercetin and TBHQ and their applications in food models*. *Polymers*, 2021. **13**(7): p. 1117.
- [23] Amjadi, S., et al., *Preparation and characterization of TiO₂NPs and betanin loaded zein/sodium alginate nanofibers*. *Food Packaging and Shelf Life*, 2020. **24**: p. 100504.
- [24] Shabahang, Z., L. Nouri, and A.M. Nafchi, *Composite film based on whey protein isolate/pectin/CuO nanoparticles/betanin pigments; investigation of physicochemical*

- properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 2022. **30**(9): p. 3985-3998.
- [25] Alizadeh-Sani, M., A. Khezerlou, and A. Ehsani, *Fabrication and characterization of the bionanocomposite film based on whey protein biopolymer loaded with TiO₂ nanoparticles, cellulose nanofibers and rosemary essential oil*. *Industrial crops and products*, 2018. **124**: p. 300-315.
- [26] Sayadi, M., et al., *Effect of nanocomposite alginate-based film incorporated with cumin essential oil and TiO₂ nanoparticles on chemical, microbial, and sensory properties of fresh meat/beef*. *Food Science & Nutrition*, 2022. **10**(5): p. 1401-1413.
- [27] Preparation of nanocomposite film containing zinc oxide nanoparticles and quercetin nanoliposome based on wheat gluten for packaging Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) meat



Scientific Research

Preparation of nanocomposite film containing zinc oxide nanoparticles and quercetin nanoliposome based on wheat gluten for packaging Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) meatHojjat Bakeshlou^a, Sajad Pirsā^{a*}, Forogh Mohtarami^a, Mustafa Bener^b

a-Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, P.O. Box 57561–51818, Urmia, Iran.

b-Department of Chemistry, Faculty of Engineering, Istanbul University, Avcılar, Istanbul, Turkey.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/1/24 Accepted:2024/3/16	The purpose of this research was to prepare nanocomposite film based on wheat gluten containing quercetin nanoliposome and zinc oxide nanoparticles and use it to package Rainbow trout; For this purpose, in this research, the effect of quercetin nanoliposome at the levels (0, 5, 10% by volume) and zinc oxide nanoparticles at the levels (0, 3, 6% by weight) using the response surface method in The central composite design template was investigated on the physicochemical properties of the nanocomposite film, and finally, the optimal sample was used in the packaging of Rainbow trout meat to check its properties during the storage period (0, 3 and 6 days). Also, the results of the research on packaged fish meat showed that the use of wheat gluten nanocomposite film containing 10% quercetin nanoliposomes and 6% zinc oxide nanoparticles led to a decrease in peroxide index, volatile nitrogen compounds index, thiobarbituric acid index and total microbial count during the storage period. Became. Also, no significant difference was observed in the fat of the examined samples, and the color of the packaged fish meat was duller than the control sample. Finally, according to the obtained results and investigations, the addition of 10% quercetin nanoliposome and 6% zinc oxide nanoparticles in the wheat gluten nanocomposite film formulation led to the improvement of the properties of the produced film and the properties of the packaged fish during the storage period.
Keywords: wheat gluten, zinc oxide nanoparticles, quercetin nanoliposome, Rainbow trout	
DOI: 10.22034/FSCT.21.149.210. *Corresponding Author E-Mail: pirsa7@gmail.com	