

تهیه و ارزیابی خصوصیات نانوکامپوزیت زیست تخریب پذیر کاپاکاراژینان- ژلاتین / نانورس حاوی اسانس اسطوخودوس جهت کاربرد در بسته بندی فرآورده های شیلاتی

*اعظم صیامیان^۱، سیدمهدی اجاق^۲ و مهدی عبدالهی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، استادیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، ^۲ دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۲۶

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر افزودن مقادیر مختلف اسانس اسطوخودوس بر خواص فیزیکی و ظاهری فیلم های زیست تخریب پذیر کاپاکاراژینان- ژلاتین / رس صورت پذیرفت. نانوکامپوزیت کاپاکاراژینان- ژلاتین / رس با افزودن سه سطح ۱، ۱/۵، ۲ wt% اسانس اسطوخودوس به ماتریس پلیمری به کمک روش همزدن حلالی تهیه گردید. درصد رطوبت و حلالیت فیلم ها و ویژگی های ظاهری شامل ویژگی های رنگ، کدورت و انتقال نور فیلم ها مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد، افزودن اسانس اسطوخودوس منجر به کاهش معنی دار رطوبت و افزایش حلالیت آن ها گردید. کدورت فیلم ها با افزایش مقادیر اسانس اسطوخودوس منجر به کاهش معنی دار رطوبت و افزایش نانوکامپوزیت حاوی ۲ درصد اسطوخودوس بود. همچنین میزان جذب UV در فیلم های حاوی اسانس اسانس افزایش یافت.

واژه های کلیدی: اسانس اسطوخودوس، ژلاتین، کاپاکاراژینان، نانورس، نانوکامپوزیت

مقدمه

مصرف ماهی و فرآورده های حاصل از آن که یکی از مهم ترین منابع تامین پروتئین در برنامه غذایی انسان هستند (Ahmad و همکاران، ۲۰۱۲)، به دلیل قابلیت هضم خوب و وجود مقادیر بالای اسیدهای چرب چند غیراشباع (Rezaei و Taghizadeh Andevarei، ۲۰۱۱) پروتئین، فسفولیپیدها و مواد معدنی ضروری بسیار توصیه شده است (Ahmad و همکاران، ۲۰۱۲) اما بیش تر به صورت تازه مصرف می شوند و محصولات فرآوری شده مانند محصولات دودی شده و کنسرو محبوبیت کمتری دارند (Sperber، ۲۰۰۹). از آنجایی که غذاهای دریایی عمر کوتاهی دارند و تقاضا برای مصرف این محصولات افزایش یافته،

پیشگیری از فساد این محصولات یک چالش مهم است (Dalgaard، ۲۰۰۳). تجزیه لیپیدها و اکسیداسیون رایج ترین دلیل فساد در ماهیان چرب هستند در حالی که رشد و متابولیسم میکروبی دلیل اصلی فساد ماهیان تازه می باشد (Sperber، ۲۰۰۹). با این وجود بسته بندی و سرد نگه داشتن یکی از رایج ترین روش هایی هستند که معمولاً با یکدیگر ترکیب می شود (Gómez-Estaca و همکاران، ۲۰۰۹). نقش اصلی بسته بندی علاوه بر بازاریابی و اطلاعاتی که به مصرف کننده می دهد (Gómez- Guillén و همکاران، ۲۰۰۹) حفظ کیفیت و ایمنی ماده غذایی از طریق کنترل انتقال ماده بین ماده غذایی، بسته بندی و اتمسفر است، همچنین محافظ خوبی در مقابل نور و آسیب های مکانیکی می باشد (Baldwin

* مسئول مکاتبه: siamianazam@yahoo.com

همکاران، ۲۰۱۰؛ Sefidkon و Jamzad، ۲۰۰۵).
اسانس‌های گیاهی، مایعات روغنی فراری هستند که دارای خواص ضد میکروبی بوده و تاکنون مطالعات متعددی نیز برای استفاده از آن‌ها برای کنترل رشد باکتری‌های بیماری‌زای منتقله از غذا و باکتری‌های مولد فساد ارائه شده است (Hao و همکاران، ۱۹۹۸؛ Palmer و همکاران، ۲۰۰۱).

اسطوخودوس گیاهی با بوی بسیار مطبوع و طعم تلخ است که قسمت‌های هوایی این گیاه نسبت به سایر بخش‌های آن اثر ضد میکروبی قوی‌تری دارد (Özcan، ۲۰۰۳). که علاوه بر دیترین، حاوی مقادیر زیادی الکل‌های حلقوی، فلاونوئیدها و اسیدهای آلی مثل کارزنوئیک اسید و ساپونین است که در این بین ساپونین‌ها خاصیت ضدباکتریایی مؤثری دارد (KIM و CHO، ۱۹۹۹). این گیاه دارای ۲۶ ماده مختلف می‌باشد که لینولیل استات و لینالول از جمله فراوان‌ترین مواد تشکیل‌دهنده اسانس اسطوخودوس می‌باشند (Mabberley، ۱۹۹۷). ترکیب لینالول دارای خواص بیولوژیکی متفاوت از جمله اثر آرام‌بخشی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (Krochta و De Mulder-Johnston، ۱۹۹۷). طبق تجزیه شیمیایی انجام شده ترکیب‌های ضد میکروبی این گیاهان به‌طور عمده شامل تیمول، فلاونوئید، تریترپنوئیدها و دیگر ترکیبات با ماهیت فنولیک یا گروه هیدروکسیل آزاد بود که همگی به‌عنوان فعال‌ترین ترکیب‌های ضد میکروبی شناخته شده‌اند که در این گیاه به فراوانی وجود دارند (Mabberley، ۱۹۹۷).

در این پژوهش سعی شده تأثیر افزودن اسانس اسطوخودوس بر خواص فیزیکی و ظاهری نانوکامپوزیت کاپاکاراژینان-ژلاتین/رس مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تهیه نانوکامپوزیت زیست‌فعال: برای تهیه محلول کاپاکاراژینان-ژلاتین/رس، از کاپاکاراژینان و ژلاتین

و Hagenmaier، ۲۰۱۲) و از راهکارهای مؤثر و مهم حفاظت مواد غذایی در برابر تغییرات نامطلوب شیمیایی و میکروبی است. با توجه به تغییرات کیفی ماهیان در هنگام نگهداری به روش سرد و مشکلات استفاده از نگهدارنده‌های مصنوعی، کاربرد مواد طبیعی که قابلیت تجزیه نیز دارند در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری ضرورت می‌یابد. پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی با قابلیت ضد میکروبی، از نقطه نظر سلامت‌بخشی، حسی و اقتصادی از مزایای گوناگونی از جمله کاهش آلودگی زیست‌محیطی (Dewettinck و همکاران، ۱۹۹۸)، داشتن ارزش تغذیه‌ای (Dewettinck و همکاران، ۱۹۹۸)، حاملی برای مواد افزودنی (Shaw و همکاران، ۲۰۰۲)، جلوگیری از فساد و آلودگی میکروبی (Ouattara و همکاران، ۲۰۰۲؛ Ayranci و Tunc، ۲۰۰۲؛ Coupland و همکاران، ۲۰۰۰)، حفظ ظاهر و جلوه غذا به‌صورت مطلوب (Foulk و Bunn، ۲۰۰۱؛ Holownia و همکاران، ۲۰۰۱)، مانع از دست رفتن رایحه غذا (Arvanitoyannis و Biliaderis، ۱۹۹۹)، جلوگیری از واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی (Ozdemir و Floros، ۲۰۰۱؛ Nussinovitch، ۱۹۹۷)، افزایش استحکام و یکپارچگی مواد غذایی (Nussinovitch، ۱۹۹۷)، جلوگیری از افت ترکیبات مغذی در اثر واکنش‌های ناخواسته‌ای همچون اکسایش و واکنش قهوه‌ای شدن (Lee و همکاران، ۲۰۰۴؛ Nussinovitch، ۱۹۹۷) برخوردار خواهند بود.

با توجه به پتانسیل بالای کشور ما از نظر پوشش گیاهان دارویی و ادویه‌ای و بنابراین امکان دسترسی آسان به اسانس این گیاهان و با توجه به پذیرش مصرف این گیاهان به‌عنوان دارو یا چاشنی غذایی در فرهنگ عام و سابقه تاریخی مصرف آن‌ها در مواد غذایی، لزوم بررسی کاربرد آن‌ها در افزایش عمر انبارمانی محصولات غذایی به‌ویژه در قالب فیلم‌های خوراکی امری ضروری به نظر می‌رسد (Dehkordi و

و b^* مربوط به هر نمونه در رابطه زیر قرار داده شد (Ojagh و همکاران، ۲۰۱۰a).

$$\sqrt{(L^*-L)^2 + (a^*-a)^2 + (b^*-b)^2} = \text{اختلاف رنگ فیلم‌ها}$$

کدورت و انتقال نور فیلم‌ها: به منظور سنجش میزان شفافیت فیلم‌ها و عبور نور نمونه‌های فیلم به ابعاد 9×40 میلی‌متر در درون سلول‌های اسپکتروفتومتری قرار گرفت و به منظور سنجش میزان عبور نور در طول موج‌های $600-200$ نانومتر توسط دستگاه اسکن گردید.

همچنین به منظور محاسبه میزان شفافیت فیلم‌ها از رابطه زیر استفاده گردید.

ضخامت فیلم / میزان جذب در 600 نانومتر = شفافیت فیلم

سنجش میزان حلالیت در آب: وزن اولیه نمونه‌های فیلم $2/5 \times 2/5$ سانتی‌متر مربع پس از خشک شدن در دمای 105 درجه سانتی‌گراد تعیین شد و سپس نمونه‌های فیلم در ظروف حاوی 50 میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفت. ظروف به مدت 24 ساعت در دمای اتاق 25 درجه در جای ثابت قرار داده شد. پس از این مدت نمونه‌ها به وسیله کاغذهای صافی که قبلاً خشک شده بود فیلتر و مجدداً در دمای 105 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت خشک گردید (Tunc و همکاران، ۲۰۰۷). میزان حلالیت فیلم‌ها به کمک رابطه زیر محاسبه گردید.

$100 \times$ وزن ماده خشک اولیه موجود در فیلم / (وزن فیلم خشک پس از غوطه‌وری - وزن ماده خشک اولیه) = درصد حلالیت

سنجش میزان رطوبت فیلم‌ها: نمونه‌ها با اندازه $2/5 \times 2/5$ سانتی‌متر مربع و وزن مشخص درون پلیت‌های شیشه‌ای که از قبل به تعادل رطوبتی رسیده و توزین شده بودند قرار گرفت. سپس به مدت 24 ساعت در دمای 105 درجه سانتی‌گراد خشک گردید. نمونه همراه با پلیت پس از این مدت خارج

ماهی آب سرد (Sigma Aldrich)، نانورس مونت موریلونیت (southern clay American) و اسانس اسطوخودوس تهیه شده از شرکت زردبند استفاده شد. ابتدا محلول 3 درصد ژلاتین (در دمای 55 درجه سانتی‌گراد و به مدت 30 دقیقه) و محلول 1 درصد کاپاکاراژینان (دمای 90 درجه سانتی‌گراد و به مدت 50 دقیقه) تهیه و با نسبت $1:1$ در دمای 85 درجه سانتی‌گراد با هم ترکیب و سپس نانورس به آن افزوده و هموزن گردید. سپس گلیسرول به محلول اضافه شد و به مدت 20 دقیقه در دمای 55 تا 60 درجه سانتی‌گراد حرارت‌دهی گردید. برای تهیه فیلم، تیمارهای لازم با استفاده از $0/75$ گرم توین به‌عنوان امولسیفایر به‌ازای هر میلی‌لیتر اسانس به محلول فیلم‌ها افزوده شد و اسانس اسطوخودوس در سه مقدار 1 ، $1/5$ و 2 درصد به محلول‌ها اضافه شد و با هموزنایز به مدت 3 دقیقه با دور 14000 هموزن و سپس محلول فیلم‌ها توسط دسیکاتور خلاء هواگیری گردید. برای تهیه فیلم، از روش کاستینگ استفاده شد. برای این منظور به‌میزان لازم از محلول، درون ظروف پلی‌اتیلن ریخته و در دمای 25 درجه به مدت 48 ساعت خشک گردید. پس از خشک شدن کامل و قبل از انجام آزمایش‌های مربوطه، فیلم‌ها در شرایط ثابت رطوبت (2 ± 50 درصد) و دمای (2 ± 25 درجه سانتی‌گراد) در داخل دسیکاتور حاوی محلول نیترات منیزیم به مدت 48 ساعت نگهداری شدند. سپس آزمون‌های زیر بر روی فیلم‌ها انجام شد.

سنجش رنگ سطحی: ابتدا دستگاه توسط کاشی مخصوص کالیبره شد و سپس نمونه‌ای فیلم به‌منظور سنجش رنگ درون دستگاه قرار داده شدند و سه فاکتور (lightness) L^* ، a^* و b^* نشان داده شده توسط دستگاه رنگ‌سنج (loviband CAM-System 500) یادداشت گردید. برای محاسبه اختلاف رنگ نمونه‌ها با کاشی استاندارد داده‌های به‌دست آمده برای سه فاکتور فوق مربوط به مرجع و نیز سه فاکتور L^* ، a^*

مصرف کنندگان می باشد (بورتوم و همکاران، ۲۰۰۸). رنگ فیلم های زیست تخریب پذیر اهمیت زیادی در کاربرد آن ها در صنعت بسته بندی دارد و یکی از عوامل مهم در تعیین کیفیت فیلم شده به شمار می آید (Almasi و همکاران، ۲۰۱۰). افزودن اسانس به طور کلی منجر به کاهش معنی دار ($P < 0/05$) پارامتر L^* در فیلم های نانوکامپوزیت گردید. در نانوکامپوزیت حاوی ۲ درصد اسانس اسطوخودوس پارامتر a^* (قرمزی - سبزی) به طور معنی دار ($P < 0/05$) کاهش یافت، همچنین منجر به افزایش معنی دار در b^* (زرد - آبی) گردید. شاخص ΔE نیز با افزودن اسانس افزایش معنی داری ($P < 0/05$) یافت به طوری که بیشترین اختلاف رنگی مربوط به نانوکامپوزیت حاوی ۲ درصد اسانس اسطوخودوس و کمترین اختلاف رنگی مربوط به نانوکامپوزیت بدون اسانس بود. شاخص سفیدی فیلم ها نیز با افزایش مقادیر اسانس به طور معنی دار ($P < 0/05$) کاهش یافت.

شده و پس از سرد شدن در دسیکاتور مجدداً توزین گردید. محتوای رطوبت روکش ها بر پایه وزن مرطوب از رابطه زیر محاسبه گردید (Ojagh و همکاران، ۲۰۱۰a).

وزن نمونه مرطوب / (۱۰۰ × وزن آب) = درصد رطوبت بر مبنای وزن مرطوب

مقایسه آماری: تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. ابتدا بررسی نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون کولموگوراف - اسمیرنوف (Kolomogorav-Smirnov) و سپس همگنی واریانس داده ها با آزمون لون (leven) انجام گردید که نتایج این آزمون ها برای آنالیز آماری داده های مربوط به تیمارهای آزمایش مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

رنگ سطحی: رنگ مواد بسته بندی یکی از عوامل مهم اثرگذار بر ظاهر کلی محصول و پذیرش

جدول ۱- ویژگی های رنگ سطحی فیلم ها.

WI	ΔE	B	a	L	
$87/6 \pm 0/42^a$	$3/78 \pm 0/05^d$	$-0/4 \pm 0/00^d$	$2/7 \pm 0/00^a$	$95/050/42 \pm^a$	* ک-ژ-ر ۳ درصد
$83/84 \pm 1/04^b$	$4/24 \pm 0/63^c$	$1/2 \pm 0/00^c$	$2/7 \pm 0/00^a$	$92/58 \pm 1/04^b$	** ک-ژ-ر ۳ درصد- اس ۱ درصد
$77/11 \pm 1/85^c$	$6/07 \pm 0/31^b$	$2/35 \pm 0/37^b$	$2/7 \pm 0/00^a$	$90/050/37^c$	ک-ژ-ر ۳ درصد- اس ۱/۵ درصد
$61/4 \pm 6/94^d$	$7/78 \pm 0/41^a$	$4/7 \pm 0/74^a$	$2/18 \pm 0/32^b$	$88/8 \pm 0/6^d$	ک-ژ-ر ۳ درصد- اس ۲ درصد

a, b و c حروف کوچک در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح ($P < 0/05$).

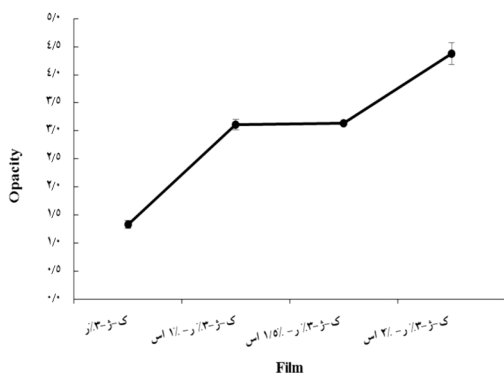
* ک-ژ-ر (کاپاکاراژینان-ژلاتین-رس)

** ک-ژ-ر-اس (کاپاکاراژینان-ژلاتین-رس-اسطوخودوس)

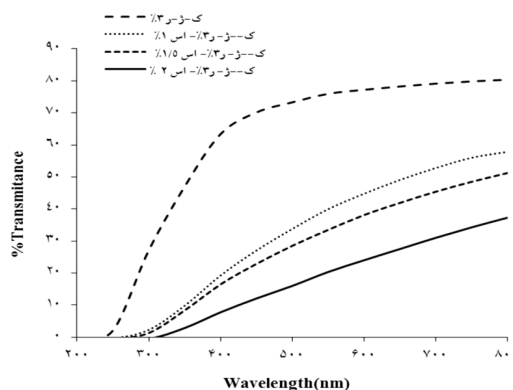
مستقیم بر ظاهر محصول پوشش دهی شده تأثیر می گذارد (Chen و همکاران، ۲۰۱۰b) همچنین می تواند بر سرعت اکسیداسیون چربی ها و کیفیت محصول تأثیرگذار باشد (Rao و همکاران، ۲۰۱۰). کدورت حاصل از افزودن اسانس اسطوخودوس به

کدورت و انتقال نور: کدورت فیلم ها برای بیان میزان شفافیت فیلم ها ارزیابی می شود، هرچه میزان کدورت فیلم ها بیش تر باشد، نشان از کاهش شفافیت فیلم های تولید شده می باشد (Pereda و همکاران، ۲۰۱۱). شفافیت از ویژگی های مهم فیلم هاست زیرا به طور

کدورت مربوط به فیلم حاوی ۲ درصد اسانس اسطوخودوس بود که با نتایج (کاشمی و رضائی، ۱۳۹۲) همخوانی داشت.



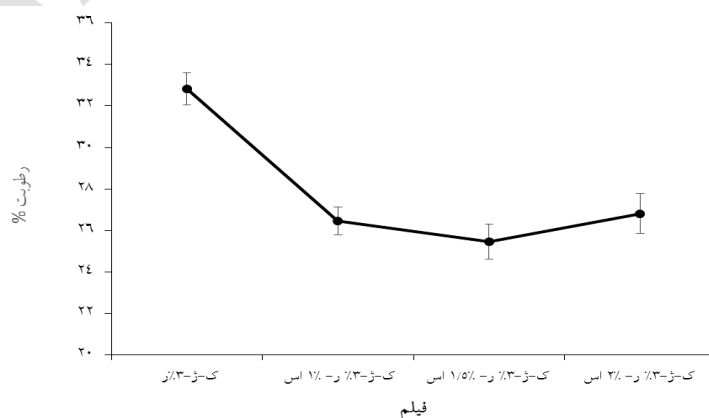
نانوکامپوزیت کاپاکاراژینان-ژلاتین/نانورس در شکل ۱ نشان داد. افزودن اسانس باعث افزایش معنی‌دار کدورت در نانوکامپوزیت‌ها شد به طوری که بیش‌ترین



شکل ۱- مقادیر کدورت (الف) و میزان عبور نور (ب) در فیلم‌های نانوکامپوزیت بدون اسانس و نانوکامپوزیت‌های حاوی مقادیر مختلف اسانس اسطوخودوس.

میزان رطوبت فیلم‌ها: افزودن اسانس موجب کاهش معنی‌دار در میزان درصد رطوبت نانوکامپوزیت‌های حاوی اسانس شد که با نتایج پژوهش (آلبوفتیله و همکاران، ۱۳۹۱) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد در نتیجه افزودن اسانس به دلیل ایجاد اتصالات قوی بین زنجیره‌های پلیمری ساختار فشرده‌ای ایجاد شده و این ساختار به مولکول‌های آب اجازه حضور نداد و بنابراین منجر به کاهش رطوبت روکش‌ها می‌شود (Harte و Siripatrawan، ۲۰۱۰).

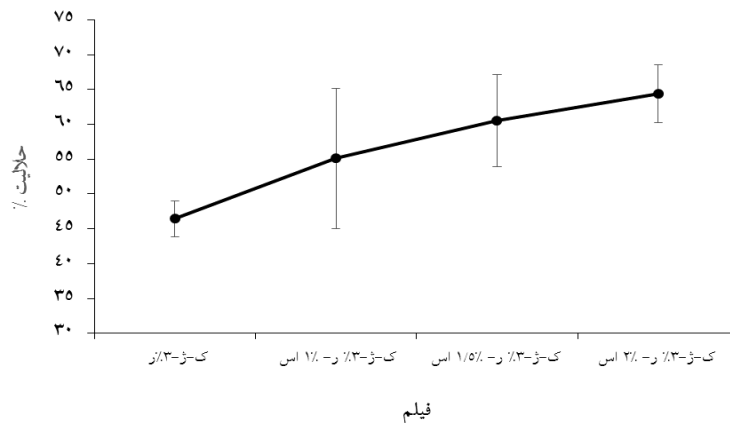
انتقال نور فیلم‌ها نیز با افزودن اسانس اسطوخودوس کاهش یافت. که با مشاهدات حاصل از پژوهش (Ahmad و همکاران، ۲۰۱۲b) همخوانی داشت. در توضیح آن می‌توان بیان داشت که اختلاط فاز کوچک‌تر و وابسته (اسانس) در فاز پیوسته، باعث کم شدن میزان شفافیت و افزایش میزان ماتی فیلم‌ها می‌شود که این پدیده مربوط به توزیع نور توسط قطرات چربی موجود در اسانس از میان شبکه فاز پیوسته فیلم می‌باشد (Ghasemlou و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل ۲- رطوبت نانوکامپوزیت‌های حاوی اسانس.

حلالیت فیلم‌ها گردید (شکل ۳) که با نتایج حاصل از پژوهش (عبدلهی، ۱۳۹۰) همخوانی داشت. افزایش میزان حلالیت در فیلم‌های حاوی اسانس می‌تواند به دلیل افزایش میزان آبدوستی ماتریس بیوپلیمرها باشد که در این حالت، نفوذ آب در ساختار فیلم‌های تولیدی افزایش می‌یابد که در نهایت منجر به افزایش میزان حلالیت فیلم‌ها خواهد شد. همچنین اسانس‌ها می‌توانند پس از قرار گرفتن فیلم در آب به راحتی در آب حل شده و با خروج از ساختار فیلم حلالیت فیلم را افزایش دهند.

میزان حلالیت در آب: حلالیت یک ویژگی مهم در فیلم‌های زیست تخریب پذیر است زیرا می‌تواند میزان مقاومت فیلم نسبت به آب، به خصوص در محیط‌های حاوی رطوبت مثل مواد غذایی گوشتی (Hosseini و همکاران، ۲۰۰۹؛ Bourtoom و Chinnan، ۲۰۰۸) و همچنین سرعت آزاد شدن ترکیبات ضد اکسیداسیونی و ضد میکروبی فیلم را زمانی که در تماس با سطح ماده غذایی است، تعیین کند (Gómez-Estaca و همکاران، ۲۰۱۰). به طور کلی افزودن اسانس اسطوخودوس به بستر نانوکامپوزیت منجر به افزایش



شکل ۳- حلالیت نانوکامپوزیت‌های حاوی اسانس.

فیلم‌ها کاسته شد. با توجه به نتایج این مطالعه به نظر می‌رسد نانوکامپوزیت زیست تخریب پذیر کاپاکاراژینان- ژلاتین / نانورس حاوی اسانس اسطوخودوس پتانسیل‌های فراوانی برای کاربرد در بسته‌بندی مواد غذایی دارد، بنابراین توصیه می‌شود قابلیت آن در نگهداری مواد غذایی در پژوهشی جداگانه مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه گیری

این پژوهش نشان داد که افزودن اسانس اسطوخودوس خواص ظاهری و فیزیکی نانوکامپوزیت‌ها را تحت تأثیر قرار داد به طوری که افزودن آن منجر به کاهش رطوبت فیلم‌های نانوکامپوزیتی شد و حلالیت در آب فیلم‌ها را افزایش داد. همچنین کدورت نانوکامپوزیت‌ها با افزایش مقادیر اسانس افزایش یافت و از میزان عبور نور در

منابع

- آلبوفتیله، م.، رضائی، م.، و حسینی، ه.، ۱۳۹۱. تهیه نانوکامپوزیت آلژینات-رس غنی شده با اسانس های گیاهی برای کنترل رشد باکتری لیستریا مونوسایتوجنز در شرایط آزمایشگاهی و فیله ماهی قزل آلابی رنگین کمان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.
- عبداللهی، م.، رضائی، م.، و فرزی، غ.ع.، ۱۳۹۰. تأثیر نانوکامپوزیت کیتوزان-رس غنی شده با اسانس رزماری به عنوان پوششی نگهدارنده بر کیفیت ماهی فیتوفاگ در دمای یخچال (۴ درجه سانتی گراد). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۹۰.
- کازمی، م.، و رضائی، م.، ۱۳۹۲. تأثیر فیلم آلژینات-ژلاتین غنی شده با اسانس پونه کوهی به عنوان پوششی ضد میکروبی بر روی فیله قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در یخچال (۴ درجه سانتی گراد). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۹۲.
- Ahmad, M., Benjakul, S., Sumpavapol, P., and Nirmal, N.P., 2012. Quality changes of sea bass slices wrapped with gelatin film incorporated with lemongrass essential oil. *Inter. J. Food Microbiol.* 155 (3), 171-178.
- Ahmad, M., Benjakul, S., Sumpavapol, P., and Nirmal, N.P., 2012b. Quality changes of sea bass slices wrapped with gelatin film incorporated with lemongrass essential oil. *Inter. J. Food Microbiol.* 155 (3), 171-178.
- Almasi, H., Ghanbarzadeh, B., and Entezami, A.A., 2010. Physicochemical properties of starch-CMC-nanoclay biodegradable films. *Inter. J. Biol. Macromol.* 46 (1), 1-5.
- Ayranci, E., and Tunc, S., 2002. A method for the measurement of the Oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chemistry*, 80, 423-431.
- Arvanitoyannis, I., and Biliaderis, C.G., 1999. Physical properties of polyol-plasticized edible blends made of methyl cellulose and soluble starch. *Carbohydrate polymers*, 38 (1), 47-58.
- Baldwin, E.A., and Hagenmaier, R.D., 2012. Edible coatings and films to improve food quality: CRC Press I Llc.
- Bourtoom, T., and Chinnan, M.S., 2008. Preparation and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film. *LWT-Food Science and Technology*, 41 (9), 1633-1641.
- Chen, C.H., Kuo, W.S., and Lai, L.S., 2010b. Water barrier and physical properties of starch/decolorized hsian-tsoa leaf gum films: Impact of surfactant lamination. *Food hydrocolloids*, 24 (2), 200-207.
- Coupland, J.N., Shaw, N.B., Monahan, F.J., Dolores O'Riordan, E., and O'Sullivan, M., 2000. Modeling the effect of glycerol on the moisture sorption behavior of whey protein edible films. *J. Food Engin.* 43 (1), 25-30.
- Dalgaard, P., 2003. Fish Spoilage of Seafood. In: Editor-in-Chief: Benjamin C, editor. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*. Oxford: Academic Press, pp. 2462-2471.
- Dehkordi, S.S., Tajik, H., Moradi, M., and Khalighi-Sigaroodi, F., 2010. Chemical composition of essential oils in (*Zataria multiflora*) Boiss. from different parts of Iran and their radical scavenging and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (6), 1562-1567.
- Dewettinck, K., Deroo, L., Messens, W., and Huyghebaert, A., 1998. Agglomeration tendency during top-spray fluidized bed coating with gums. *LWT-Food Science and Technology*, 31 (6), 576-584.
- Foulk, J.A., and Bunn, J.M., 2001. Properties of compression-molded, acetylated soy protein films. *Industrial Crops and Products*, 14 (1), 11-22.
- Ghasemlou, M., Aliheidari, N., Fahmi, R., Shojaee-Aliabadi, S., Keshavarz, B., and Cran, M.J., et al., 2013. Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. *Carbohydrate polymers*. 98 (1), 1117-1126.
- Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., Gómez-Guillén, M., López Caballero, M., and Montero, P., 2009. Antimicrobial activity of composite edible films based on fish gelatin and chitosan incorporated with clove essential oil. *J. Aqua. Food Prod. Technol.* 18 (1-2), 46-52.

- Gómez-Guillén, M.C., Pérez-Mateos, M., Gómez-Estaca, J., López Caballero, E., Giménez, B., and Montero, P., 2009. Fish gelatin: a renewable material for developing active biodegradable films. *Trends in Food Science and Technology*, 20 (1), 3-16.
- Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., and Montero, P., 2010. Biodegradable gelatin-chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology*, 27 (7), 889-896.
- Hao, Y.Y., Brackett, R.E., and Doyle, M.P., 1998. Efficacy of plant extracts in inhibiting (*Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes*) in refrigerated, cooked poultry. *Food Microbiology*, 15 (4), 367-378.
- Holownia, K.I., Erickson, M.C., Chinnan, M.S., and Eitenmiller, R.R., 2001. Tocopherol losses in peanut oil during pressure frying of marinated chicken strips coated with edible films. *Food research international*, 34 (1), 77-80.
- Hosseini, M.H., Razavi, S.H., and Mousavi, M.A., 2009. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. *J. Food Proc. Pres.* 33 (6), 727-743.
- Kim, H.M., and Cho, S.H., 1999. Lavender oil inhibits immediate-type allergic reaction in mice and rats. *J. Pharmacy and Pharmacology*. 51 (2), 221-226.
- Krochta, J.M., and De Mulder-Johnston, C., 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food technology (USA)*.
- Lee, K.Y., Shim, J., and Lee, H.G., 2004. Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. *Carbohydrate Polymers*, 56 (2), 251-254.
- Mabberley, D.J., 1997. *The Plant-book: A Portable Dictionary of the Vascular Plants*. Cambridge university press.
- Nussinovitch, A., 1997. Hydrocolloid applications: gum technology in the food and other industries (pp. 144-153). London: Blackie Academic & Professional.
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H., and Hosseini, S.M.H., 2010a. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120 (1), 193-198.
- Ouattara, B., Canh, L.T., Vachon, C., Mateescu, M.A., and Lacroix, M., 2002. Use of γ -radiation the chemical stability of milk protein films. *Radiation Physics and Chemistry*, 63, 821-825.
- Özcan, M., 2003. Antioxidant activities of rosemary, sage, and sumac extracts and their combinations on stability of natural peanut oil. *J. Med. Food*. 6 (3), 267-270.
- Ozdemir, M., and Floros, J.D., 2001. Analysis and modeling of potassium sorbate diffusion through edible whey protein films. *J. Food Engin.* 47 (2), 149-155.
- Palmer, S.A., Stewart, J., and Fyfe, L., 2001. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. *Food Microbiology*, 18 (4), 463-470.
- Pereda, M., Ponce, A.G., Marcovich, N.E., Ruseckaite, R.A., and Martucci, J.F., 2011. Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity. *Food Hydrocolloids*, 25 (5), 1372-1381.
- Rao, M.S., Kanatt, S.R., Chawla, S.P., and Sharma, A., 2010. Chitosan and guar gum composite films: Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties. *Carbohydrate Polymers*, 82 (4), 1243-1247.
- Sefidkon, F., and Jamzad, Z., 2005. Chemical composition of the essential oil of three Iranian (*Satureja*) species (*S. mutica*, *S. macrantha* and *S. intermedia*). *Food chemistry*, 91 (1), 1-4.
- Shaw, N.B., Monahan, F.J., O'Riordan, E.D., and O'sullivan, M., 2002. Effect of soya oil and glycerol on physical properties of composite WPI films. *J. Food Engin.* 51 (4), 299-304.
- Siripatrawan, U., and Harte, B.R., 2010. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*, 24 (8), 770-775.
- Sperber, W.H., 2009. *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages*: Springer.
- Taghizadeh Andevvari, Gh., and Rezaei, M., 2011. Effect of gelatin coating incorporated with cinnamon oil on the quality of fresh rainbow trout in cold storage. *Inter. J. Food Sci. Technol.* 46, 2305-2311.
- Tunc, S., Angellier, H., Cahyana, Y., Chalier, P., Gontard, N., and Gastaldi, E., 2007. Functional properties of wheat gluten/ montmorillonite nanocomposite films processed by casting. *J. Membrane Sci.* 289 (1), 159-168.