

تأثیر بکارگیری اسانس‌های روغنی بر ویژگی فیلم‌های پلی‌ساکاریدی

الهه فروغی^{۱*}، مهدی فرهودی^۲

تاریخ دریافت مقاله: تیرماه ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۹۵

چکیده

با توجه به مشکلات زیست محیطی جدی پلاستیک‌های مشتق شده از مواد نفتی، امروزه فیلم‌ها و پوشش‌های پلی‌ساکاریدی توجه بسیاری را به خود جلب کرده‌اند که برخلاف اکثر بسته‌بندی‌های قدیمی، زیست تخریب‌پذیر بوده و به کاهش آلودگی محیط زیست کمک می‌کنند؛ این فیلم‌های پلی‌ساکاریدی شامل کیتوزان، نشاسته، آلژینات و ... می‌باشند؛ همچنین مصرف‌کننده خواهان محصولات فاقد نگهدارنده‌های شیمیایی است که به نظر می‌رسد اسانس‌های روغنی به سبب ویژگی ضد میکروبی که دارند، جایگزین بسیار مناسبی باشند. اسانس‌های روغنی ترکیبات جالب توجهی برای بسته‌بندی زیست تخریب‌پذیر عمدتاً به سبب منشأ طبیعی و ویژگی‌های عملکردی مفید نظیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی می‌باشند. هدف از این مطالعه مروری، بررسی تأثیر اسانس‌های روغنی مختلف بر ویژگی فیلم‌های پلی‌ساکاریدی نظیر ساختمان میکروسکوپی، ویژگی‌های بصری، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ... می‌باشد. طبق مطالعات صورت گرفته، افزودن اسانس روغنی بر پیوستگی ماتریس فیلم اثر می‌گذارد و ویژگی ممانعت‌کنندگی بخار آب بهبود می‌یابد، همچنین اسانس روغنی، فیلمی با شفافیت کمتر و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی ایجاد می‌کند.

یافته است؛ چرا که به طور معمول از مواد پلاستیکی

جهت بسته‌بندی استفاده می‌شود که غیرقابل تجزیه و بازیافت مجلد هستند [۱]؛ اما استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی و زیست تخریب‌پذیر این مشکل را تا حدودی برطرف کرده است و می‌تواند جایگزین تعداد زیادی از این مواد پلاستیکی شود. این فیلم‌ها و پوشش‌ها می‌توانند منحصراً از ترکیبات اولیه تجدید شونده و خوراکی نظیر پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و لیپیدها به همراه سورفکتانت‌ها^۴ و پلاستیسایزرها^۵ تولید شوند [۵].

پلی‌ساکاریدهای اصلی که در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل کیتوزان^۶، نشاسته^۷، آلژینات^۸، کاراگینان^۹، سلولز اصلاح

واژه‌های کلیدی

اسانس روغنی^۳، فیلم خوراکی پلی‌ساکاریدی، فیلم زیست تخریب‌پذیر

۱- مقدمه

همواره بسته‌بندی‌ها نقش مهمی در نگهداری، توزیع و بازاریابی مواد غذایی داشته‌اند، به موازات پیشرفت صنعت بسته‌بندی، مشکلات زیست محیطی مرتبط با آن هم افزایش

۱- دانشجوی کارشناسی رشته علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.

(* نویسنده مسئول: elaheforooghi@yahoo.com)

۲- استادیار گروه علوم صنایع غذایی، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی (farhoodi@sbm.ac.ir).

3- Essential Oils

4- Surfactants

5- Plasticizers

6- Chitosan

7- Starch

در ویژگی این فیلم‌ها شوند. در سال‌های اخیر به طور گسترده استفاده از اسانس‌های روغنی به عنوان افزودنی در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی مورد مطالعه قرار گرفته است که انتظار می‌رود به علت ماهیت لیپیدی که دارند به کاهش نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های آبدوست کمک کنند و علاوه بر این، تأثیراتی بر ویژگی‌های دیگر فیلم نظیر ویژگی‌های کششی، بصری، ساختاری و ... بگذارند و همچنین ویژگی‌های عملکردی بسیار مفید نظیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی در اسانس‌ها مشاهده شده که افزودن این ترکیبات به فیلم خوراکی سبب انتقال این فعالیت‌های مفید به آن می‌شود. در این مطالعه مروری، تلاش شده است اثراتی که به دنبال افزودن اسانس روغنی در فیلم خوراکی پلی ساکاریدی ایجاد می‌گردد، مورد بررسی قرار گیرد. در (جدول ۱) برخی مطالعات صورت گرفت بین سال‌های ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۴ آورده شده است.

۲- اثرات افزودن اسانس روغنی بر ویژگی

فیلم‌های خوراکی پلی ساکاریدی

۱-۲- ساختمان میکروسکوپی فیلم

به طور معمول، پرکاربردترین میکروسکوپ جهت بررسی ساختار فیلم، میکروسکوپ^۸ (SEM) و^۹ (AFM) می‌باشد که جهت مشاهده کیفی آرایش ترکیبات درون ساختار فیلم از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و جهت بررسی مورفولوژی^{۱۰} سطحی فیلم از میکروسکوپ نیرویی اتمی (AFM) استفاده می‌شود. به طور کلی، مشاهده شده است که ریزساختار^{۱۱} نهایی فیلم‌ها به وسیله آرایش ساختاری ترکیبات شرکت‌کننده در تشکیل فیلم، تحت تأثیر قرار می‌گیرد، علاوه بر اینکه، ممکن است اینکه پدیده‌هایی نظیر لخته^{۱۲}، انعقاد^{۱۳} و خامه‌ای شدن^۱ رخ دهد، نقش مهمی را ایفا می‌کند؛ همچنین در پی تبخیر

شده^۳، پکتین^۴، پولولان^۵، صمغ زانتان^۶ و غیره می‌باشند. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بر پایه پلی ساکارید به علت تشکیل زنجیره‌های پلیمری، نسبت به گازها ممانعت‌کنندگی خوبی نشان می‌دهند ولی ماهیت آبدوست^۷ آن‌ها منجر به ممانعت‌کنندگی ضعیف نسبت به بخار آب شده است [۶].

همچنین در حال حاضر مصرف‌کنندگان خواستار محصولاتی هستند که فاقد نگهدارنده‌های شیمیایی باشند و از آن جایی که مواد غذایی فسادپذیر بوده و تولیدکنندگان مجبورند از نگهدارنده‌های شیمیایی استفاده نمایند، در نتیجه به نظر می‌رسد استفاده از اسانس‌های روغنی در پوشش‌ها و فیلم‌ها به جهت رهایش ترکیبات ضد میکروبی، جایگزین مناسبی برای نگهدارنده‌های شیمیایی باشند. اسانس‌های روغنی که روغن‌های فرار یا اتری هم نامیده می‌شوند، مایعات روغنی معطر به دست آمده از قسمت‌های مختلف گیاه (گل، جوانه، دانه، برگ، شاخه، پوست درخت، چوب، میوه و ریشه) بوده که به روش‌های مختلف نظیر: حلال، تقطیر، فشار و ... از گیاه استخراج می‌گردد، البته روش تقطیر با بخار، پرکاربردترین روش تجاری مورد استفاده می‌باشد [۷].

اسانس‌های روغنی ترکیبات پیچیده‌ای هستند که معمولاً مواد تشکیل‌دهنده زیادی دارند، عموماً مایع بوده و در صورتی که تازه تقطیر شده باشند بی‌رنگ و یا زرد کم‌رنگ هستند، در الکل کاملاً حل شده و در آب غیرقابل اختلاط هستند. مواد اصلی موجود در اسانس‌ها در اثر حرارت و گرما تغییر می‌یابند؛ هم چنین اکثر اسانس‌های روغنی، وزن مخصوص کمتر از آب، ضریب شکست قوی و قدرت چرخش نور بالایی دارند [۸، ۹]. اسانس‌ها می‌توانند به عنوان ترکیبات فعال در مواد اولیه فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر مورد استفاده قرار گیرند و سبب تغییراتی مفید

- 1- Alginate
- 2- Carragenan
- 3- Modified Cellulose
- 4- Pectin
- 5- Pullulan
- 6- Xanthan Gum
- 7- Hydrophilic

8- Scanning Electron Microscopy

9- Atomic-Force Microscopy

10- Morphology

11- Microstructure

12- Flocculation

13- Coalescence

جدول ۱- برخی از مطالعات اخیر صورت گرفته بر تأثیر اسانس روغنی بر ویژگی‌های فیلم‌های خوراکی پلی‌ساکاریدی

منبع	آنتی-باکتری	آنتی-اکسیدانی	ویژگی مکانیکی		ویژگی بصری			ویژگی ممانعت‌کنندگی		ساختمان میکروسکوپی		اسانس روغنی	ماتریس
			کشش	درخشش	شفافیت	رنگ	OP ⁶	WVP ⁵	SEM ⁴	AFM ³			
حسینی و همکاران (۲۰۰۸)	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	آویشن میخک دارچین	کیتوزان	
سانچز-گونزالز و همکاران (۲۰۰۹)	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	درخت چای	HPMC ¹	
شجاعی و همکاران (۲۰۱۳)	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	مرزه	کاپا کاپا کاراگینان	
سیری پاتراوان و همکاران (۲۰۱۰)	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	عصاره چای سبز	کیتوزان	
دشیپور و همکاران (۲۰۱۴)	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	میخک	CMC ²	
بونیا و همکاران (۲۰۱۱)	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	ریحان	کیتوزان	
هدایتی راد و همکاران (۱۳۹۲)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	درمنه	پولولان	
مهدیزاده و همکاران (۲۰۱۲)	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	آویشن کوهی	نشاسته- کیتوزان	
قادمزری و همکاران (۱۳۹۴)	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	پونه کوهی	HPMC	
پرانته و همکاران (۲۰۰۵)	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-	سیر	آلژینات	

۱- هیدروکسی متیل پروپیل سلولز ۲- کربوکسیل متیل سلولز ۳- میکروسکوپ نیرویی اتمی ۴- میکروسکوپ الکترونی روبشی ۵- نفوذپذیری به بخار آب ۶- نفوذپذیری به اکسیژن

همچنین شجاعی^۶ و همکاران مشاهده کردند که افزودن اسانس روغنی مرزه به فیلم کاپا کاراگینان^۷ سبب ایجاد ساختار ناهمگن شده و قطرات ریز لیبید درون شبکه پیوسته پلی‌ساکارید به دام افتاده است [۱۲]. آتارس^۸ و همکاران مشاهده کردند که افزودن اسانس روغنی به فیلم^۹ (HPMC) سبب ضخیم‌تر شدن فیلم و ناهمگن شدن شبکه فیلم پلی‌ساکاریدی می‌گردد [۱۳]. بنابراین افزودن اسانس روغنی، ناپیوستگی‌هایی در شبکه

آب فیلم، فاز پراکنده روغن غلیظ‌تر شده و سرعت لخته شدن قطرات ریز را افزایش می‌دهد و در نتیجه منجر به انعقاد و خامه‌ای شدن قطرات ریز روی سطح فیلم می‌شود [۱۰]. آرایش ترکیبات در طول خشک کردن فیلم با توجه به حسینی^۲ و همکاران با بررسی فیلم‌های کیتوزان حاوی اسانس روغنی آویشن^۳، میخک^۴ و دارچین^۵ مشاهده کردند که در فیلم‌های حاوی اسانس روغنی منافذی ایجاد شده و فیلم بافت اسفنجی پیدا کرده است [۱۱].

- 6- Shojaee
7- K-Carrageenan
8- Atares
9- Hydroxy Propyl Methyl Cellulose

- 1- Creaming
2- Hosseini
3- Thyme
4- Clove
5- Cinnamon

پلیمر ایجاد می‌کند که خود منجر به تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی فیلم می‌گردد.

۲-۲- ممانعت‌کنندگی

۱-۲-۲- نفوذپذیری به بخار آب^۱

تبادل رطوبتی بین مواد غذایی و محیط می‌تواند مشکلاتی از قبیل: کاهش کیفیت ارگانولپتیک^۲ در مواد غذایی جاذب رطوبت، افت آب (دهیدراسیون^۳) در محصولاتی که فشار بخار آب در آن‌ها بالاتر از فشار بخار آب محیط است (میوه و سبزی)، گسترش فسادهای میکروبی، شیمیایی و آنزیمی در نتیجه افزایش فعالیت آبی و کاهش ارزش اقتصادی برخی از مواد غذایی مانند غلات در پی از دست دادن آب را ایجاد کند [۲].

میزان نفوذ پذیری به بخار آب در فیلم‌های خوراکی با نوع کاربرد آن‌ها مرتبط است؛ به طوری که نمی‌توان محصولات مختلف را با پلیمری یکسان بسته‌بندی نمود [۱۳]. هم چنین فیلم‌های پلی‌ساکاریدی به سبب ماهیت آبدوستی که دارند ممانعت‌کنندگی بسیار ضعیفی در برابر بخار آب از خود نشان می‌دهند [۶]، در نتیجه باید به ویژگی‌های فیلم مورد استفاده پیش از به کارگیری آن برای محصولاتی که حفظ رطوبت آن حائز اهمیت است، حتماً توجه گردد. معمولاً نفوذپذیری به بخار آب (WVP) فیلم‌های خوراکی از طریق روش ثقل‌سنجی^۴ (ASTM E96-95) [۱۴] تعیین می‌گردد و اغلب برای به کارگیری در مواد اولیه آبدوست اصلاح می‌شود [۱۰]. همانطور که بیان شد فیلم‌های پلی‌ساکاریدی ماهیت آبدوست دارند که به دنبال این ویژگی، نفوذپذیری به بخار آب بالایی را از خود نشان می‌دهند و افزودن اسانس روغنی به خاطر ماهیت آبگریز، این نفوذپذیری به بخار آب را کاهش می‌دهد و مشاهده شده است که هرچه میزان این ترکیبات آبگریز بیشتر باشد اثر مستقیم در کاهش این نفوذپذیری می‌گذارد و در مطالعات

مشاهده شد که با افزایش غلظت اسانس مورد استفاده، نفوذپذیری به بخار آب نیز کاهش پیدا کرد.

در تحقیق پریدا^۵ و همکاران مشاهده شد که با افزایش ترکیبات آبگریز نفوذپذیری به بخار آب به آرامی کاهش یافته که احتمالاً به علت توزیع یکنواخت روغن زیتون در فیلم کیتوزان می‌باشد [۱۵]؛ همچنین در تحقیق شجاعی و همکاران که فیلم‌های کاپا کاراگینان دارای اسانس مرزه^۶ مورد بررسی قرار گرفت، مشاهده شد که فیلم‌های دارای ۳٪ اسانس روغنی مرزه حدود ۷۷٪ نفوذ پذیری به بخار آب کمتر از فیلم‌های فاقد اسانس روغنی داشتند که احتمالاً افزودن اسانس روغنی به فیلم کاپا کاراگینان منجر به افزایش عامل انحنای^۷ شده و سبب کاهش در سرعت انتقال بخار آب می‌شود [۱۲].

در مقابل در مطالعات دیگر مشاهده شد که افزودن اسانس روغنی سبب افزایش در نفوذپذیری به بخار آب گردیده است برای مثال بونیللا^۸ و همکاران در بررسی که روی فیلم کیتوزان حاوی اسانس روغنی آویشن و ریحان^۹ انجام دادند مشاهده کردند که نفوذ پذیری به بخار آب با افزودن اسانس روغنی افزایش یافته، احتمالاً به این علت که اسانس روغنی گسسته شدن شبکه فیلم را به همراه داشته و سبب غالب شدن ماهیت آبگریزی فیلم گردیده و نفوذپذیری افزایش یافته است [۱۶]؛ همچنین در تحقیق پرانتو^{۱۰} و همکاران که فیلم‌های بر پایه آلژینات حاوی اسانس روغنی سیر^{۱۱} بررسی شد، دریافتند که نفوذپذیری به بخار آب افزایش یافته که احتمالاً اسانس روغنی در گسترش واکنش‌های بین مولکولی در ساختار ماتریس^{۱۲} فیلم خوراکی آلژینات مشارکت کرده و سبب افزایش در نفوذپذیری به بخار آب شده است [۱۷]. از این رو به نظر

5- Pereda

6- Saturejahortensis

7- The Tortuosity Factor

8- Bonilla

9- Basil

10- Peranto

11- Garlic

12- Matrix

1- Water Vapour Permeability (WVP)

2- Organoleptic

3- Dehydration

4- Gravimetric Method

می‌رسد روند انتقال بخار آب در فیلم‌ها به عواملی نظیر نسبت آبدوستی به آبریزی ترکیبات فیلم، وضعیت فیزیکی لیپید و همچنین نحوه توزیع لیپید درون ماتریس پلیمر وابسته است.

۲-۲-۲- نفوذپذیری به اکسیژن^۱

نفوذپذیری به گازها و بخارهای محیط روی خواص مکانیکی بسته‌بندی و نیز افت ترکیبات فرار غذا نظیر: طعم‌دهنده‌های گازها (O_2) به همراه انتقال احتمالی ترکیبات نامطبوع محیطی به ماده بسته‌بندی شده، تأثیر می‌گذارد. از این رو، در اغلب موارد، نفوذپذیری کم نسبت به گازها مزیت بزرگی در حفظ کیفیت ماده غذایی به شمار می‌رود [۱]. همچنین ممانعت از نفوذپذیری به اکسیژن یکی از ویژگی‌های مهم هنگام فرموله کردن فیلم‌های خوراکی با هدف کاهش اکسیداسیون^۲ لیپید، محسوب می‌شود؛ به طور کلی به نظر می‌سد افزودن اسانس روغنی به علت ماهیت آبریز، نفوذپذیری به اکسیژن را افزایش می‌دهد [۱۳]. آتارس و همکاران در تحقیقی که بر روی فیلم‌های (HPMC) حاوی اسانس روغنی زنجبیل^۳ صورت گرفت مشاهده کردند که افزودن اسانس روغنی به فیلم سبب افزایش در نفوذپذیری به اکسیژن شده که احتمالاً قطرات ریز اسانس روغنی سبب از هم گسسته شدن ماتریس شده و سست شدن تراکم زنجیره‌های پلیمری را به همراه داشته و منجر به افزایش در نفوذپذیری به اکسیژن شده است [۱۳]. از طرف دیگر، نتایجی متفاوت در تحقیق صورت گرفته توسط قادمززی و همکاران حاصل شد، در این مطالعه، مشاهده شد که افزودن اسانس پونه کوهی به فیلم (HPMC) به علت پرکردن فضاهای خالی ایجاد شده در شبکه بزرگ با ساختار خطی (HPMC) که به علت وجود گلیسرول^۴ در ترکیب فیلم، مقدار این فضاهای خالی بیشتر نیز شده و باعث ایجاد ساختاری با فضاهای خالی بین شبکه‌ای کمتری در

مقابل عبور گاز شده و نفوذپذیری به اکسیژن کاهش یافته است [۱]. نفوذپذیری به اکسیژن نسبت به نفوذپذیری به بخار آب بسیار کمتر مورد بررسی قرار گرفته است و به طور کلی، انتظار بر این است که با افزودن اسانس روغنی به علت ماهیت آبریزی آن نفوذپذیری به اکسیژن بهبود یابد.

۲-۳-۳- ویژگی بصری

استفاده از اسانس‌های روغنی سبب تغییراتی در رنگ^۵، درخشش^۶ و شفافیت^۷ فیلم‌های خوراکی می‌گردد و از آنجایی که ظاهر محصول با پذیرش تجاری آن رابطه مستقیم دارد، توجه به تغییرات حاصل از افزودن اسانس روغنی در فیلم، بسیار حائز اهمیت می‌باشد [۱۸].

۲-۳-۱- رنگ

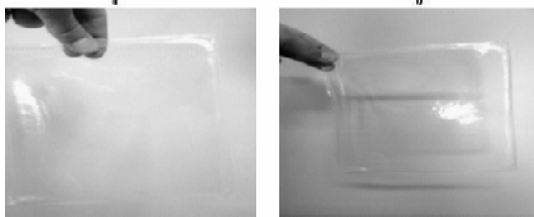
به طور کلی برای اندازه‌گیری رنگ از شاخص‌های رنگ هانتر^۸ که دارای شاخص‌های *L (شاخص روشنایی)، *a (شاخص قرمزی) و *b (شاخص زردی) می‌باشد، استفاده می‌گردد و از آن جایی که رنگ فیلم‌های خوراکی مستقیماً با نوع و غلظت اسانس اضافه شده و فیلم خوراکی مرتبط است، در تحقیقات مختلف نتایج متفاوتی را به همراه داشته است [۱۰].

شجاعی و همکاران در فیلم‌های کاپا کاراگینان حاوی اسانس مرزه، افزایش زردی و تغییرات رنگ را مشاهده کرد در حالی که روشنایی (L) و شاخص (a) کاهش یافت که این تغییرات احتمالاً به علت حضور ترکیبات فنولیک^۹ در اسانس بوده است که جذب نور در طول موج‌های پایین دارد [۱۲]. در تحقیق پرائتو و همکاران که فیلم‌های خوراکی آلژینات حاوی اسانس روغنی سیر مورد بررسی قرار گرفته، فیلم‌های گرایش پیدا کرده به رنگ زرد به علت افزایش شاخص (b) مشاهده شد ولی تغییرات

- 5- Colour
- 6- Gloss
- 7- Transparency
- 8- Hunter
- 9- Phenolic Compounds

- 1- Oxygen Permeability
- 2- Oxidation
- 3- Ginger
- 4- Glycerol

شد که این افزایش در تیرگی با تحریک پراکندگی نور توسط قطرات ریز لیپید (با شاخص‌های شکست متفاوت) توزیع شده درون شبکه فیلم، مرتبط است که هرچه غلظت قطرات ریز بیشتر باشد به تناسب شدت پراکنش نور هم بیشتر؛ شفافیت کمتر و تیرگی بیشتر است؛ همچنین با اندازه قطرات نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۲۰]. قدامرزی و همکاران نیز مشاهده کردند که افزودن اسانس روغنی پونه کوهی به فیلم (HPMC) شفافیت را کاهش داده است (شکل ۱) [۱].



شکل ۱- فیلم HPMC بدون اسانس (a) و فیلم حاوی اسانس پونه کوهی (b) [۱]

۲-۳-۳-۳- درخشش

طبق روش ASTM D523 (1999) [۲۱] درخشش می‌تواند شار نوری^۸ منعکس شده از نمونه نسبت به سطح استاندارد تحت شرایط هندسی مشابه تعریف گردد که مورفولوژی^۹ سطح حاصله طی خشک کردن فیلم، درخشش نهایی را تعیین می‌کند [۱۰]. به طور کلی، هرچه سطح نرم‌تر و روان‌تر باشد، درخشش بیشتر است و هرچه زبرتر باشد درخشش کمتر است [۱۲].

درخشش فیلم می‌تواند به حضور ناپیوستگی‌ها در سطح فیلم نیز مرتبط باشد (قطرات ریز پراکنده شده روغن) که زبری سطح را افزایش داده و منجر به کاهش درخشش می‌گردد [۱۳].

بونیا و همکاران مشاهده کردند که با افزودن اسانس روغنی ریحان به فیلم خوراکی کیتوزان درخشش کاهش

رنگی قابل توجهی دیده نشد [۱۷]. همچنین در مطالعه سیری پاتراوان^۱ و همکاران تغییرات شدید رنگ با افزایش غلظت اسانس درخت چای^۲ در فیلم کیتوزان^۳ مشاهده شد [۱۹].

۲-۳-۲- شفافیت

شفافیت فیلم‌ها با بکارگیری روش‌های مختلفی اندازه‌گیری می‌شود؛ شاخص شفافیت توسط تقسیم جذب در 600 nm بر ضخامت فیلم محاسبه می‌گردد:

$$T = \text{Abs}600 / x$$

که T شفافیت، Abs 600 جذب در 600 نانومتر اسپکتوفوتومتر^۴ UV و X ضخامت فیلم را نشان می‌دهد.

شاخص شفافیت هرچه بیشتر باشد، بیان‌کننده شفافیت کمتر فیلم است، به همین خاطر برخی از نویسندگان این شاخص را شاخص کدری^۵ می‌نامند؛ به طور کلی یافت شده است که ترکیب اسانس روغنی سبب کاهش شفافیت فیلم می‌گردد. افزودن روغن سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای در انتقال نور می‌شود که احتمالاً ناشی از پراکندگی نور در سطح مشترک قطرات ریز اسانس روغنی قرار گرفته در ماتریس، می‌باشد. از طرف دیگر برخی از محققان از درصد کدری برای بیان اثر اسانس روغنی بر فیلم خوراکی استفاده کرده‌اند که با به دست آوردن مقدار قابلیت بازتاب هر نمونه با پیش زمینه سفید و مشکی^۶ محاسبه می‌گردد و از فرمول زیر پیروی می‌کند: [۱۰].

$$\text{Opacity}(\%) = \frac{Y_{\text{black backing}}}{Y_{\text{white backing}}} \times 100$$

سیری پاتراوان و همکاران مشاهده کردند که با افزودن عصاره چای سبز به فیلم کیتوزان، تیرگی افزایش پیدا می‌کند [۱۹]، همچنین نتایجی مشابه در تحقیق سانچز-گونزالز^۷ و همکاران که بر روی فیلم (HPMC) حاوی اسانس روغنی درخت چای صورت گرفت مشاهده

- 1- Siripatrawan
- 2- Tea Tree
- 3- Chitosan
- 4- Spectrophotometer
- 5- Opacity Index
- 6- Black and White Backing
- 7- S_anchez-Gonz_alez

8- Luminous Flux

9- Morphology

یافت چرا که اسانس روغنی، زبری سطح را افزایش داده و سبب کاهش انعکاس آینه‌ای^۱ سطح گردیده است [۱۶].

۲-۴- ویژگی‌های مکانیکی

ویژگی مکانیکی فیلم‌های خوراکی به عوامل مختلفی وابسته است، به طوری که واکنش بین ترکیبات فیلم و ماتریس پلیمر به شدت توسط شرایط دمایی، شیمیایی و محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که متقابلاً روی پایداری و انعطاف‌پذیری فیلم اثر می‌گذارد [۱۸].

۲-۴-۱- ویژگی کشش

ویژگی‌های کششی فیلم به طور معمول از طریق آزمون‌های کشش^۲ (ASTM D882, 2001) [۲۲]، که گسترش تدریجی فیلم در سرعتی مشخص تا زمان شکست و ثبت قدرت فیلم در برابر زمان یا فاصله می‌باشد، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. جهت بررسی ویژگی‌های مکانیکی سه شاخص مدول الاستیسیته^۳، قدرت کشش^۴ و درصد کشیدگی^۵ مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱۰].

تحقیقات مختلف در ارتباط با ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های پلی‌ساکاریدی حاوی اسانس روغنی، نتایج متفاوتی را از خود نشان داده است؛ حسینی و همکاران طی بررسی ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های کیتوزان حاوی اسانس روغنی میخک، دارچین و آویشن مشاهده کردند که قدرت کشش در فیلم‌های حاوی آویشن نسبت به میخک به علت شکسته شدن شبکه فیلم ناشی از حضور اسانس روغنی در مقایسه با فیلم کنترل کاهش بیشتری یافته است و هم چنین درصد کشیدگی نیز در این دو نوع اسانس روغنی نسبت به فیلم کنترل افزایش یافته است که به افزایش رطوبت فیلم نسبت داده شده است از طرف دیگر در هر دو شاخص افزودن اسانس روغنی دارچین نتایجی برعکس به همراه داشت (افزایش در قدرت کشش و کاهش در درصد

کشیدگی) [۱۱]. نتایجی مشابه در تحقیق قاسم لو^۶ و همکاران نیز مشاهده شده است [۲۳].

سانچز- گونزالز و همکاران در بررسی فیلم‌های HPMC) حاوی اسانس روغنی درخت چای کاهش در مدول الاستیسیته و قدرت کشش مشاهده کرد ولی تغییری در درصد کشیدگی دیده نشد که در واقع اسانس روغنی سبب افزایش در ناپیوستگی فیلم شده و مقاومت فیلم را به شکست افزایش می‌دهد (جدول ۲) [۲۰].

جدول ۲- مقایسه سه شاخص مدول الاستیسیته (EM)، قدرت کشیدگی (TS) و درصد کشیدگی (E%) در فیلم (HPMC) و HPMC-Tea Tree در غلظت‌های مختلف اسانس روغنی [۲۲]

Film	E (%)	TS (MPa)	EM (MPa)
HPMC	۰/۱۰ (۰/۰۶) ^a	۵۹ (۶) ^a	۱۶۹۷ (۸۰) ^a
HPMC-0.5TTO	۰/۹ (۰/۰۴) ^a	۵۵ (۱۰) ^{a,b}	۱۲۸۹ (۲۸۹) ^b
HPMC-1TTO	۰/۱۱ (۰/۰۵) ^a	۵۲ (۹) ^{a,b}	۱۱۰۴ (۲۵۲) ^b
HPMC-2TTO	۰/۱۱ (۰/۰۵) ^a	۴۲ (۲) ^b	۹۵۶ (۱۵۴) ^b

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها می‌باشد ($P > 0.05$)

بونیلا و همکاران مشاهده کردند که با افزودن اسانس روغنی ریحان به فیلم کیتوزان، درصد کشیدگی افزایش ولی قدرت کشش و مدول الاستیسیته با افزودن اسانس کاهش یافته است که علت این تغییرات به ناپیوستگی ایجاد شده در فیلم به علت حضور قطرات لیپید که سبب کاهش مقاومت و پیوستگی فیلم می‌شود، نسبت داده شده است؛ اگرچه گسسته شدن اجتماع زنجیره‌های کیتوزان سبب تغییر در جای‌گیری زنجیره شده و تغییر شکل دادن فیلم بدون شکسته شدن را به همراه دارد [۱۶].

به طور کلی، اثر افزودن اسانس روغنی بر ویژگی‌های کششی فیلم خوراکی متغیر است و به واکنش بین ترکیبات روغن و ماتریس پلیمر بستگی دارد؛ به طور نمونه برخی، اثرات تضعیف‌کننده از خود نشان داده‌اند که به ساختار ناهمگن فیلم به علت حضور اسانس روغنی

- 1- Specular Reflectance
- 2- Tensile Tests
- 3- Elastic Modulus (EM)
- 4- Tensile Strength (TS)
- 5- Elongation Atbreak (%E)

6- Ghasemlou

نسبت داده شده است البته برخی از مطالعات نتایج دیگری در پی داشته‌اند [۱۰].

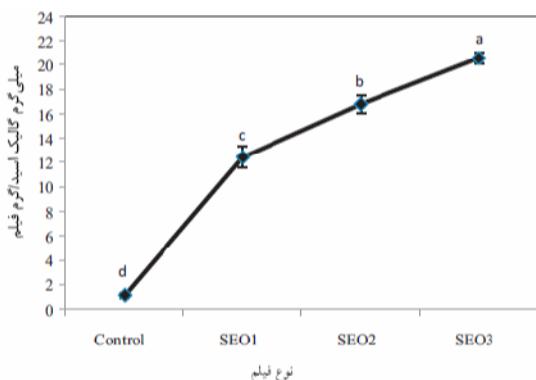
۲-۵- مقدار فنول کل^۱ و ویژگی آنتی‌اکسیدانی

یکی از کاربردهایی که برای فیلم‌های حاوی اسانس به تازگی به آن توجه شده توانایی محافظتی آن‌ها در برابر اکسیداسیون چربی‌ها است. اسانس‌ها در طی زمان این توانایی را دارند که از سطح فیلم به داخل محیط وارد شوند و به این ترتیب در طی زمان با آزاد شدن تدریجی اسانس باعث جلوگیری از واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد در داخل روغن می‌شوند [۱].

جلوگیری از فساد مواد غذایی ناشی از فرآیندهای اکسیداسیون، در طول تولید، انبارمانی و فروش موضوعی مهم در صنعت غذا محسوب می‌شود و جهت رسیدن به این هدف تولیدکنندگان از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی سنتزی^۲ و طبیعی استفاده می‌کنند ولی از آن جایی که امروزه مصرف‌کننده خواستار محصول غذایی سالم و فاقد مواد نگهدارنده شیمیایی می‌باشد، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی نظیر اسانس‌های روغنی بسیار مورد توجه واقع شده است. قدرت آنتی‌اکسیدانی اسانس‌های روغنی عمدتاً به علت حضور ترکیبات فنولیک^۳ می‌باشد، همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولیک ناشی از پتانسیل اکسایش-کاهش^۴ بالای آن‌ها بوده که سبب می‌شود آن‌ها به عنوان عوامل کاهنده^۵ و دهنده هیدروژن^۶ عمل کنند [۲۴].

در نتیجه اکثر محققین مقدار فنول کل^۷ (TPC) را مورد بررسی قرار داده‌اند؛ جهت بررسی مقدار فنول کل از روش فالین سایوکالتیو^۸ استفاده می‌گردد که این روش بر پایه واکنش بین ماتریس فیلم و معرف فالین سایوکالتیو و جذب

در ۷۵۰ نانومتر محاسبه می‌گردد و با منحنی کالیبراسیون^۹ گالیک اسید^{۱۰} سنجیده شده و نتایج در میلی‌گرم اکسی والان^{۱۱} گالیک اسید بیان می‌گردد. (اسید گالیک به عنوان استاندارد برای رسم منحنی استاندارد بکار می‌رود) [۲۵].



شکل ۲- تأثیر اسانس روغنی مرزه بر فنول کل فیلم کاراگینان [۱۲]

شجاعی و همکاران دریافتند که با افزودن اسانس روغنی به فیلم کاپا کاراگینان مقدار فنول کل نسبت به فیلم فاقد اسانس به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت [۱۲]. نتایجی مشابه در پژوهش‌های دیگر نیز حاصل شد (شکل ۲) [۱۹، ۲۴ و ۲۶].

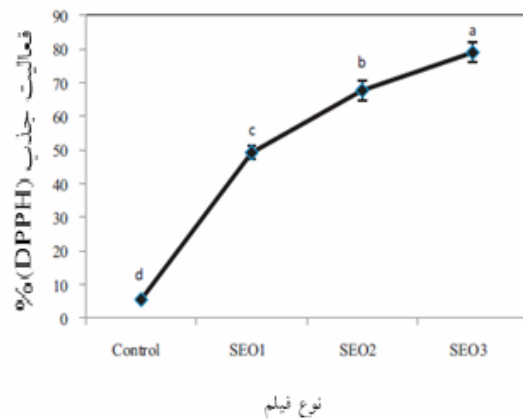
جهت بررسی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی از روش‌های مختلفی استفاده می‌گردد که برخی از این روش‌ها عبارتند از: روش احیاء رادیکال آزاد^{۱۲} (DPPH)، روش قدرت احیاکنندگی^{۱۳}، آنتی‌اکسیدان احیاکننده آهن^{۱۴} (FRAP)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معادل ترلکس^{۱۵} (TEAC) [۱۰ و ۲۵].

DPPH یکی از اولین و پرکاربردترین رادیکال‌های سنتزی مورد استفاده برای آزمون فعالیت آنتی‌اکسیدانی فنولیک بوده است [۱۰] که در واقع فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیلم‌ها به صورت درصد به دام اندازی رادیکال (DPPH)

- 9- Calibration Curve
- 10- Gallic Acid
- 11- Equivalent
- 12- 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
- 13- Reducing Power method
- 14- Ferric-Reducing, Antioxidant Power
- 15- Trolox Equivalent Antioxidant Capacity

- 1- Total Phenolic Content (TPC)
- 2- Synthetic
- 3- Phenolic
- 4- Redox Potentials
- 5- Reducing Agents
- 6- Hydrogen Donors
- 7- Total Phenolic Content (TPC)
- 8- Folin-Ciocalteu

بیان می‌گردد. این روش بر پایه از دست دادن الکترون یا اتم هیدروژن بوده و به وسیله اندازه‌گیری تغییرات رنگ سنجی (از بنفش تیره تا زرد روشن) روی محلول متانول^۱ و معرف (DPPH) ارزیابی شده است و شدت تغییرات رنگ ایجاد شده با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی و جذب در ۵۱۵ نانومتر قابل محاسبه است. برخی از محققین از یک روش به تنهایی و برخی از دو یا چند روش جهت تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی استفاده کرده‌اند [۲۵].



شکل ۳- تأثیر اسانس روغنی مرزه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیلم کاراگینان [۱۲]

شجاعی و همکاران دریافتند که با افزودن اسانس روغنی به فیلم کاپا کاراگینان ویژگی آنتی‌اکسیدانی نسبت به فیلم فاقد اسانس به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (شکل ۳) [۱۲].

۲-۶- ویژگی ضدباکتریایی

یکی از مهم‌ترین دلایل فساد مواد غذایی، رشد میکروارگانیسم‌های^۲ مولد فساد و پاتوژن^۳ می‌باشد که حضور این میکروارگانیسم‌های مولد فساد در مواد غذایی سبب تسریع اکسیداسیون^۴ لیپید و دیگر فرآیندهای اکسیداسیون و حتی منجر به ایجاد تغییراتی در ویژگی‌های ارگانولپتیک^۵ ماده غذایی می‌گردد. بسته‌بندی‌های ضد میکروبی می‌تواند

این فسادها را کاهش داده و ماندگاری ماده غذایی را افزایش دهد [۱۰].

مواد ضد میکروبی فراوانی در بسته‌بندی‌های مواد غذایی استفاده می‌شود که هر یک از این مواد، ویژگی‌ها و مکانیسم اثر خاص خود را دارند. این مواد برحسب عواملی چون نوع ماده غذایی، میکروارگانیسم‌های موجود و سرعت رشد آن‌ها، فعالیت و گستردگی اثر ضد میکروبی و عوامل دیگر انتخاب شده و به کار می‌روند [۳].

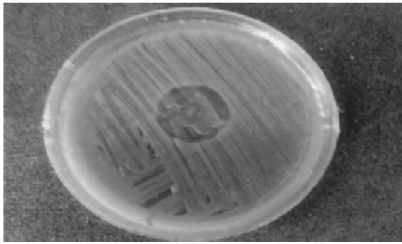
اسانس‌های روغنی استخراج شده از گیاهان یا ادویه‌جات منابع غنی ترکیبات بیواکتیو^۶ هستند (ترپنوئیدها^۷، فنولیک‌ها^۸ و...). بین چندین ترکیب شیمیایی اسانس‌های روغنی، کارواکرول^۹ فعالیت ضد میکروبی شاخصی را از خود نشان داده است و ترکیب اصلی اسانس روغنی پونه کوهی (۶۰٪-۷۴٪ کارواکرول) و آویشن (۴۵٪ کارواکرول) بوده و بر طیف وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت و منفی اثر می‌گذارد [۹].

رها شدن اسانس روغنی از فیلم خوراکی به عوامل مختلفی نظیر: واکنش الکترواستاتیک^{۱۰} بین عوامل آنتی‌میکروبی و زنجیره پلیمر، اسمز^{۱۱}، تغییرات ساختاری ناشی از حضور عوامل ضد میکروبی و شرایط محیطی بستگی دارد؛ بررسی فعالیت ضد میکروبی فیلم خوراکی معمولاً توسط روش دیسک دیفوزیون آگار^{۱۲} و روش دیسک تبخیر^{۱۳} صورت می‌گیرد [۱۰].

معمولاً اسانس روغنی بر باکتری‌های گرم مثبت نسبت به باکتری‌های گرم منفی موثرتر واقع شده که این اختلاف ناشی از ساختار دیواره سلولی باکتری می‌باشد؛ ترکیب اصلی دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت پپتیدوگلیکان^{۱۴}

- 6- Bioactive
- 7- Terpenoids
- 8- Phenolics
- 9- Carvacrol
- 10- Electrostatic
- 11- Osmosis
- 12- Diskdiffusion Method
- 13- Disk Volatilization
- 14- Peptidoglycan

- 1- Methanol
- 2- Microorganism
- 3- Pathogen
- 4- Oxidation
- 5- Organoleptic



شکل ۵- میزان بازدارندگی فیلم‌های پولولان حاوی اسانس درمنه در مقابل رشد اشرشیاکلاهی [۵]

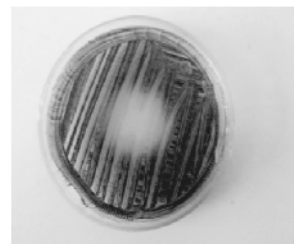
۳- نتیجه گیری

بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر از منابع گسترده‌ای نظیر پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، لیپیدها و... می‌توانند تولید شوند و همچنین توانایی ویژه در حمل افزودنی‌های غذایی را دارند که آن‌ها را نسبت به بسته‌بندی‌های پلاستیکی متمایز می‌کند، از این رو، افزودن اسانس‌های روغنی به عنوان نگهدارنده طبیعی به فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی می‌تواند سبب جلب توجه مصرف‌کننده به علت ماهیت طبیعی آن‌ها گردد.

افزودن اسانس روغنی، ناپیوستگی‌هایی را در شبکه پلیمر ایجاد می‌کند که خود منجر به تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی فیلم می‌گردد (کاهش نفوذپذیری به بخار آب و افزایش تیرگی فیلم)، همچنین سبب تغییر در ویژگی‌های مانع‌کنندگی بخار آب و اکسیژن نیز می‌شود که برای محصولات با فاز پیوسته آبی، استفاده از بسته‌بندی‌ای که قادر به جلوگیری از خروج بخار آب باشد، حائز اهمیت می‌باشد و از طرف دیگر، جهت بسته‌بندی محصولات حساس به اکسیداسیون هستند عدم نفوذ اکسیژن برای بسته‌بندی، ویژگی مثبت محسوب می‌گردد؛ به‌علاوه افزودن اسانس روغنی سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای در انتقال نور می‌شود که احتمالاً ناشی از پراکندگی نور در سطح مشترک قطرات ریز اسانس روغنی قرار گرفته در ماتریس می‌باشد که سبب کاهش شفافیت فیلم گشته و منجر به تضعیف ویژگی‌های بصری می‌گردد که از دیدگاه مصرف‌کننده عامل مناسبی نیست. هم‌چنین اسانس روغنی می‌تواند فیلم یا پوششی با ویژگی‌های

بوده و مقدار کمی پروتئین نیز دارند و از طرف دیگر، دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی باریک‌تر، پیچیده‌تر و شامل پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و لیپیدهای مختلف در کنار پیتیدوگلیکان می‌باشد [۹]؛ اسانس سبب اغتشاش در بخش لیپیدی و غشای زیستی میکروارگانیسم شده که این تغییرات منجر به نفوذپذیری غشا و نشت ترکیبات داخل سلول و در نهایت مرگ سلول می‌گردد [۷].

حسینی و همکاران با بررسی فیلم‌های کیتوزان حاوی اسانس روغنی آویشن، میخک و دارچین دریافتند که فیلم حاوی آویشن اثر ضد میکروبی بیشتری را از خود نشان داده و در پلیت‌های محیط کشت هاله عدم رشد بزرگ‌تری تشکیل داده‌اند و علت این امر به حضور مقدار بیشتری از کارواکرول در اسانس روغنی آویشن نسبت داده شده است [۱۱]. همچنین در تحقیق صورت گرفته توسط پراتو و همکاران که فیلم‌های خوراکی آلژینات حاوی اسانس روغنی سیر را مورد بررسی قرار داده‌اند، مشاهده کردند که اثر ضد میکروبی روی باکتری‌های گرم مثبت بیشتر از باکتری‌های گرم منفی بوده است که به نوع ساختار دیواره سلولی نسبت داده شده است [۱۷]؛ نتایج مشابه در بررسی فیلم‌های پولولان^۱ حاوی اسانس درمنه^۲ نیز به دست آمد [۴]. در این بررسی، مشاهده شد که کمترین مقاومت به اسانس در استفیلوکوکوس اورئوس^۳ (شکل ۴) و بیشترین مقاومت در اشرشیاکلاهی^۴ (شکل ۵) حاصل گردیده است.



شکل ۴- میزان بازدارندگی فیلم‌های پولولان حاوی اسانس درمنه در مقابل رشد استفیلوکوکوس اورئوس [۵]

- 1- Pullulan
- 2- Artemisiasieberi
- 3- Staphylococcus Aureus
- 4- Escherichia Coli

6. Dhanapal. A, Sasikala. P, Rajamani. L, Kavitha.V, Yazhini.G, M. Banu. S. (2012). "Edible films from Polysaccharides". Food science and quality management. Vol 3.
7. Burt, S. (2004). "Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review". International journal of food microbiology, 94, 223-253.
8. Preedy.V.R.(2015). "Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety". Department of nutrition and dietetics, King's college London, London, UK.
9. Tongnuanchan.P and Benjakul.S. (2014). "Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and their uses for food preservation". Journal of food Science. Vol. 00, Nr. 0.
10. Atar_es.L, Chiralt.A, (2016). "Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging". Trends in food science & Technology 48 51-62.
11. Hosseini, M. H., Razavi, S. H., & Mousavi, M. A. (2009). "Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils". Journal of food processing and preservation, 33, 727-743.
12. Shojaee-Aliabadi, S., Hosseini, H., Mohammadifar, M. A., Mohammadi, A., Ghasemlou, M., Ojagh, S. M., et al. (2013). "Characterization of antioxidant antimicrobial carrageenan films containing Sature jahortensis essential oil". International journal of biological macromolecules, 52, 116-124.
13. Atar_es, L., Perez-Masi_a, R., & Chiralt, A. (2011). "The role of some antioxidants in the HPMC film properties and

آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی جهت افزایش عمر نگهداری و ارزشمند کردن محصول ایجاد کند که البته هر دو ویژگی به ماهیت اسانس روغنی و واکنش آن با ماتریس پلیمر مرتبط است.

بنابراین افزودن اسانس روغنی به فیلم و پوشش‌های خوراکی، منجر به ایجاد بسته‌بندی‌های فعالی می‌شود که برخی از نیازهای مصرف‌کنندگان را تحت پوشش قرار داده و سبب افزایش عمر نگهداری و ارزشمندتر کردن محصول می‌گردد.

۴- منابع

۱. قدامرزی. ر، کرامت. ج، حسینگی. الف، (بهار ۱۳۹۴) "تأثیر اسانس پونه کوهی بر ویژگی‌های فیلم خوراکی هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز" فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، سال دوم، شماره ۷، صفحه ۶۱-۷۴.
۲. هدایتی رادف، شریفان. الف، خدائی انچگینی، ف، حسینی. الف (۱۳۹۱) "بررسی خاصیت ضد میکروبی فیلم تهیه شده از پولولان حاوی اسانس درمنه". مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا، سال سوم، شماره ۲، صفحه ۱۳۰-۱۳۵.
۳. دارایی. ع. میرزایی. ح. تجلی. ر. (۱۳۹۱). "خاصیت بازدارندگی فیلم‌های خوراکی در برابر بخار آب و روش‌های بهبود آن". فصلنامه علمی ترویجی علوم و فنون بسته‌بندی ۱۲: ۵۰-۵۹.
۴. گنجه. م. جعفری. س. م. امان جانی. م. (۱۳۹۲). "استفاده از پوشش‌ها با خاصیت ضد میکروبی در بسته‌بندی مواد غذایی". فصلنامه علمی ترویجی علوم و فنون بسته‌بندی ۱۶: ۱۶-۲۳.
5. Debeaufort F, Quezada-Gallo JA, Voilley A (1998) "Edible films and coating: to morrows packagings: a review". Crit Rev food Sci 38(4):299-313.

22. ASTM. (2001). " **Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. Instandard D882**". Annual book of american standard testing methods, (162e170. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
23. Ghasemloua.B.M, Aliheidaria.N, Fahmic.R, Shojaee-Aliabadid.S, Keshavarze.B, Cranf.M.J , Khaksar.R.(2013)," **Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils**"Carbohydrate Polymers Volume 98, Issue 1, 15, Pages 1117–1126.
24. Viuda-Martos, M.,Mohamady, M. A., Fern_andez-L_opez, J., AbdElRazik, K. A.,Omer, E. A., P_erez- Alvarez, J. A., et al. (2011)."**In vitro antioxidant and antibacterialactivities of essential oils obtained from Egyptian aromatic plants**". FoodControl, 22, 1715e1722.
25. SCHLESIER, K. HARWAT, M. BO`HM,V. and BITSCH, R(2002)."**Assessment of Antioxidant Activity by Using DifferentIn Vitro Methods**". Free Radical Research, 2002 Vol. 36 (2), pp. 177–187.
26. Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Perez-Alvarez, J. A., &Fern_andez-L_opez, J. (2013)."**In vitro antibacterial and antioxidant properties of chitosanedible films incorporated with Thymus moroderi or Thymus piperella essentialoils**". Food Control, 30, 386e392.
- lipid protection in coated toasted almonds". Journal of food engineering, 104(4), 649e656.
14. ASTM. (1995). "**Standard test methods for water vapor transmission of materials**".Standard designations: E96e95. Anual books of ASTM, ASTM, Philadelphia (pp.406e413).
15. Pereda. M, Amica. G, Marcovich. N.E. (2012). "**Development and characterization of edible chitosan/olive oil emulsion films**". Carbohydrate Polymers 87 1318– 1325.
16. Bonilla.J, Vargasa.M, Atarés.L, Chiralt.A.(2011)."**Physical properties of chitosan-basil essential oil edible films as affected by oil content and homogenization conditions**". Procedia food science 50–56.
17. Pranoto, Y., Salokhe, V. M., &Rakshit, S. K. (2005). "**Physical and antibacterialproperties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil**". Food research international, 38(3), 267e272.
18. Sánchez-González, L.; Vargas, M.; González-Martínez, C.; Chiralt, A.; Cháfer, M." **Use of essential oils in bioactive edible coatings: A review**". *Food Eng. Rev.* 2011, 3, 1–16.
19. Siripatrawan, U., & Harte, B. R. (2010). "**Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract**". Food hydrocolloids,24, 770e775.
20. S_anchez-Gonz_alez, L., Vargas, M., Gonz_alez-Martínez, C., Chiralt, A., &Ch_afer, M.(2009). "**Characterization of edible films based onhydroxylpropylmethylcellulos eand tea tree essential oil**". Food Hydrocolloids, 23(8), 2102e2109.
21. ASTM. (1999)."**Standard test method for specular gloss. Designation (D523)**". InAnnual Book of ASTM standards, vol. 06.01. Philadelphia, PA: American Society for testing and materials.

آدرس نویسنده

تهران- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی -
دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی - گروه
آموزشی علوم و صنایع غذایی.