

## Investigating the physicochemical and mechanical properties of edible active films based on gelatin containing essential oils of thyme, oregano and sage

Mohammadyar Hosseini<sup>1\*</sup>, Hamed Hassanzadeh<sup>1</sup>, Parya Miri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Food Technology, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran,

Email: [m.hosseini@ilam.ac.ir](mailto:m.hosseini@ilam.ac.ir)

<sup>2</sup> Bachelor student of food hygiene, Faculty of paraveterinary, Ilam University, Ilam, Iran.

### Article Info

#### Article type:

Research Full Paper

#### Article history:

Received: 2023-5-20

Revised: 2023-8-28

Accepted: 2023-8-31

#### Keywords:

Film

Essential oil

Gelatin

Mechanical properties

Physicochemical properties

### ABSTRACT

**Background and objectives:** To minimize the use of antibiotics, additives, and chemical preservatives, it is possible to incorporate natural antimicrobial substances into packaging. Recent studies focusing on developing and evaluating edible films have highlighted the effectiveness of essential oils in protecting against microbial growth, preventing food spoilage (both chemical and microbial), and reducing food waste. Films containing gelatin display impressive mechanical strength, making them suitable for edible film production due to their ability to form a gel-like structure, which is attributed to the presence of certain amino acids like proline and hydroxyproline. Taking into account the plentiful availability and affordability of thyme, oregano, and sage essential oils in our country, as well as the low cost of gelatin, this particular composition of film could serve as a model for widespread implementation in the food packaging.

**Materials and methods:** In this study, the impact of various concentrations of thyme, oregano, and sage essential oils on gelatin based films properties was investigated. The study examined different concentrations of essential oil ranging from minimum 0% to highest 4% as the independent variable. The dependent variables included a range of physicochemical tests (solubility, water permeability, thickness, opacity, and color parameters), as well as mechanical tests (elongation at the break point, tensile strength, and Young's model). The study utilized a mixed experimental design known as simplex lattice and employed Design Expert<sub>13</sub> software.

**Results:** In this research, the highest tensile strength (12 MPa), elongation at break point (26%) and Young's modulus (80 MPa) were found in high concentrations of oregano essential oil (4%). Among the treatments, the lowest solubility was in the highest concentration of oregano essential oil in the mixture (4% area) and the lowest water vapor permeability(WVP) was obtained in the lowest concentration of oregano essential oil in the mixture. The difference among the amount of turbidity of the films was not significant. The highest turbidity was indicated in film with the lowest concentration of oregano essential oil. The highest amount of film thickness was obtained in the present of 4% concentration of oregano essential oil, which was statistically significant. By increasing the concentration of thyme essential oil in the mixture, the hue angle, whiteness index and saturation decrease, and its highest amount was in the area of 4% oregano and sage. The changes of a\* and b\* parameters was similar, but the concentration of essential oils has no effect on the changes of L\* parameter.

**Conclusion:** The results of this research showed that adding a high

---

---

concentration of oregano essential oil to the gelatin film compared to thyme and sage essential oils produced films with sufficient strength that have the highest efficiency and desirable characteristics. It can be used as a suitable coating for food protection by delaying the oxidation of lipids, mechanical properties and favorable color changes.

---

**Cite this article:** Hosseini, M., Hassanzadeh, H., Miri, P. 2023. Investigating the physicochemical and mechanical properties of edible active films based on gelatin containing essential oils of thyme, oregano and sage. *Food Processing and Preservation Journal*, 15(2), 17-34.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21472.1768

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

### بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مکانیکی فیلم‌های فعال خوراکی بر پایه ژلاتین حاوی اسانس‌های آویشن، پونه و مریم گلی

محمدیار حسینی<sup>\*</sup>، حامد حسن‌زاده<sup>۱</sup>، پریا میری<sup>۲</sup>

استادیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، رایانامه: m.hosseini@ilam.ac.ir

آ دانشجوی کارشناسی بهداشت مواد غذایی، دانشکده پیرامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل علمی-پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> به منظور کاهش استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، افزودنی‌ها و نگهدارنده‌های شیمیایی می‌توان در ترکیب بسته‌بندی‌ها از مواد ضد میکروبی طبیعی استفاده نمود. در پژوهش‌های مربوط به ساخت و ارزیابی فیلم‌های خوراکی در سال‌های اخیر استفاده از انواع اسانس برای محافظت میکروبی، به تعویق انداختن فساد مواد غذایی و کاهش ضایعات غذایی جایگاه قابل توجهی به دست آورده‌اند. فیلم‌های حاوی ژلاتین مقاومت مکانیکی مناسبی دارند و این ماده به دلیل داشتن خاصیت تشکیل ژل (وجود آمینواسیدهای پرولین و هیدروکسی پرولین) می‌تواند در تولید فیلم خوراکی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به فراوانی و در دسترس بودن اسانس‌های آویشن، پونه و مریم گلی در کشورمان و با توجه به قیمت ارزان ژلاتین، این نوع ترکیب فیلم می‌تواند الگویی جهت استفاده آن در بسته‌بندی مواد غذایی قرار گیرد.
<b>واژه‌های کلیدی:</b> فیلم اسانس ژلاتین خواص مکانیکی خواص فیزیکوشیمیایی	<b>مواد و روش‌ها:</b> در این پژوهش به بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس‌های آویشن، پونه و مریم گلی بر ویژگی‌های فیلم خوراکی بر پایه ژلاتین پرداخته شد. متغیر مستقل طبق طرح آماری شامل غلظت‌های مختلف اسانس‌ها (کمترین صفر درصد تا بیشترین ۴ درصد) و متغیرهای وابسته شامل آزمایشات فیزیکوشیمیایی (حلالیت، نفوذپذیری به بخار، ضخامت، کدورت و پارامترهای رنگی) و آزمایشات مکانیکی (ازدیاد طول تا نقطه شکست، مقاومت به کشش و مدول یانگ) در نظر گرفته شد. از طرح آزمایشی مخلوط (سیمپلکس لاتیس) در نرم‌افزار Design Expert <sup>13</sup> استفاده شد.
	<b>یافته‌ها:</b> در این تحقیق بالاترین میزان استحکام کششی (۱۲ مگاپاسگال)، ازدیاد طول در نقطه شکست (۲۶ درصد) و مدول یانگ (۸۰ مگاپاسگال) در غلظت بالا اسانس پونه (ناحیه ۴ درصد) بود. در بین تیمارها، کمترین میزان حلالیت در بالاترین غلظت اسانس پونه (۴ درصد) و کمترین نفوذپذیری به بخار در پایین‌ترین غلظت اسانس پونه به دست آمد. اختلاف مقدار کدورت فیلم‌های حاصل معنی‌دار نبود. بیشترین کدورت به فیلم حاوی کمترین غلظت اسانس پونه، اختصاص داشت. بیشترین مقدار ضخامت در حضور غلظت ۴ درصد اسانس پونه بدست آمد که از لحاظ آماری معنی‌دار بود. با افزایش غلظت اسانس آویشن در مخلوط، زاویه هیو، شاخص سفیدی و

---

اشباعیت کاهش می‌یابد و بیشترین مقدار آن در ناحیه ۴ درصد پونه و مریم گلی بود. تغییرات پارامترهای  $a^*$  و  $b^*$  روندی مشابه داشت ولی غلظت اسانس‌ها تأثیری در تغییرات پارامتر  $L^*$  نداشت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد افزودن غلظت زیاد اسانس پونه به فیلم ژلاتین نسبت به اسانس‌های آویشن و مریم گلی موجب تولید فیلم‌هایی با استحکام کافی شده که بالاترین کارایی و ویژگیهای مطلوبی داشت. این فیلم می‌تواند با تأخیر در اکسیداسیون لیپیدها، خواص مکانیکی و تغییرات رنگی مطلوب، به عنوان یک پوشش مناسب برای محافظت مواد غذایی استفاده گردند.

---

استناد: حسینی، م.ی.، حسن‌زاده، ح.، میری، پ. (۱۴۰۲). بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مکانیکی فیلم‌های فعال خوراکی بر پایه ژلاتین حاوی اسانس‌های آویشن، پونه و مریم گلی. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۵(۳)، ۱۷-۳۴.

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21472.1768



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

پوشش‌های محافظ و بسته‌بندی مناسب نقش مهمی در افزایش ماندگاری و کنترل تغییرات فیزیکوشیمیایی و میکروبی بسیاری از محصولات غذایی دارند، بنابراین به شکل وسیعی در صنایع غذایی مورد توجه قرار گرفته‌اند (۱). در سال‌های اخیر، افزایش توجه به فیلم‌های خوراکی عمدتاً به دلیل نگرانی‌های زیست‌محیطی در مورد دفع مواد پلاستیکی که از فرآورده‌های نفتی به دست آمده‌اند و همچنین مهاجرت مواد شیمیایی سمی به درون مواد غذایی شکل گرفته است. تجزیه شدن پلاستیک مدت زمان زیادی را می‌طلبد و معمولاً بیشتر آن‌ها در محل دفن زباله انبار می‌شوند. اما در مقابل فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی تجدیدپذیر، نه تنها پس از دفع به راحتی تخریب می‌شوند، بلکه می‌توانند میزان ماندگاری و کیفیت مواد غذایی را بهبود دهند (۲).

فیلم‌های خوراکی، ترکیبات بیوپلیمری<sup>۱</sup> با ساختار لایه نازک از مواد خوراکی هستند که با پوشاندن سطح مواد غذایی می‌توانند از مهاجرت رطوبت، بو، چربی و انتشار گازهای دخیل در فساد (اکسیژن یا دی‌اکسیدکربن) جلوگیری کنند. همچنین می‌توانند به عنوان حامل عوامل عملکردی، مواد ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد مغذی، رنگ، مواد دارویی و غیره عمل کنند. از جمله دیگر مزایای استفاده از پوشش‌های خوراکی، حمل و نقل آسان‌تر، حفاظت مکانیکی، سهولت دسترسی و کاهش هزینه بسته‌بندی می‌باشد (۳). فیلم‌های خوراکی می‌توانند بر پایه پلیمرهای طبیعی یا سنتزی<sup>۲</sup> (مصنوعی) تولید شوند. با این حال، فیلم‌های به دست آمده از یک نوع پلیمر ممکن است دارای محدودیت‌هایی مانند محلولیت و نفوذپذیری نامناسب و خواص حرارتی ضعیف باشند.

فیلم‌های خوراکی حاوی ژلاتین مقاومت مکانیکی مناسب و مقاومت به آب ضعیفی دارند و این ماده به دلیل داشتن خاصیت تشکیل ژل (وجود آمینواسیدهای پرولین و هیدروکسی پرولین) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳). از راه‌های بهبود خواص فیزیکوشیمیایی فیلم‌های ژلاتین افزودنی‌هایی مانند اسانس‌ها جهت تقویت ساختار آن می‌باشد. با این حال فیلم ژلاتین دارای خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی ضعیفی می‌باشد (۴،۵،۶،۷).

اسانس گیاه آویشن سرشار از تانن‌های نعنایان، پلی‌متوکسی فلاوون‌ها، تری‌ترین‌ها و پلی‌ساکاریدها می‌باشد. مهم‌ترین ترکیب موجود در اسانس آویشن، تیمول است که دارای خواص ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد قارچ، ضد آفات توکسین و پتانسیل ضد اکسایشی می‌باشد (۳). همچنین پونه کوهی به عنوان ادویه‌ای با عطر و طعم مورد پسند همه دارای اسانسی با ویژگی‌های ضد میکروبی و ضد اکسایشی مناسب است. بیشترین ترکیب فعال اسانس پونه کوهی ترکیبات فنولیک مونوترپن کارواکرول (۳۲ درصد) و تیمول (۳۵ درصد) هستند که اثر ضد اکسایشی پونه کوهی مربوط به این ایزومرها می‌باشد (۸ و ۹).

مریم‌گلی با نام علمی (*Salvia officinalis*)، بیشترین میزان ترکیبات اسانس آن را کامفور، آلفا و بتا توچن تشکیل می‌دهد. اسانس مریم‌گلی در میان ادویه‌جات دارای ویژگی‌های ضد میکروبی و ضد اکسایشی است و در داروسازی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰). هدف استفاده از اسانس‌های گیاهی در فیلم‌های زیست‌تخریب پذیر، بهبود اثرات ضد میکروبی، ضد اکسایشی و اصلاح نفوذ پذیری فیلم‌های آب‌دوست می‌باشد. از طرف دیگر ترکیب اسانس با فیلم باعث کاهش از دست رفتن ترکیبات فرار اسانس در طول زمان نگهداری می‌شود، لذا

1. Biopolymer
2. Synthetic polymers

به تیمار ۲/۵ درصد بود (۱۷). اختر و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای نشان دادند که عصاره طبیعی گیاهان یک افزودنی مفید به فیلم‌های خوراکی است که باعث افزایش خواص عملکردی آن‌ها می‌شود و با بررسی اثر رنگ‌های طبیعی موجود در چغندر قند و هویج روی فیلم HPMC به این نتیجه رسیدند که این ترکیبات باعث افزایش مقاومت در برابر نور می‌شود (۱۵). با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی در مورد فیلم ژلاتین حاوی مخلوط اسانس‌های آویشن، پونه و مریم گلی انجام نشده است، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر این اسانس‌ها بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و مکانیکی فیلم خوراکی ژلاتین می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

**مواد:** ژلاتین و مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق ساخت شرکت مرک می‌باشد. گیاه آویشن، پونه (*Mentha longifolia*) و مریم گلی (*Salvia officinalis*) از دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام تهیه شد. آنالیز اسانس‌ها با دستگاه GC-MS (Shimadzu ژاپن) انجام شد.

**استخراج اسانس:** استخراج اسانس از گیاه خشک و پودر شده به روش تقطیر آبی با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. مواد گیاهی پودر شده داخل مخزن تقطیر در آب غوطه‌ور شده و طی عملیات گرم شدن و جوش آمدن، اسانس‌ها از سطح یا داخل گیاه به‌واسطه پدیده انتشار وارد آب می‌شوند و در نتیجه اختلاف چگالی بین اسانس و آب، این دو از هم جدا می‌گردند. اسانس حاصل جمع‌آوری شده و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در شیشه تیره نگهداری شد (۱۶).

**تهیه فیلم:** محلول‌های ژلاتین و اسانس‌ها به صورت جداگانه تهیه شدند. ابتدا محلول ۳ درصد ژلاتین

اسانس در یک غلظت بالا و برای مدت طولانی‌تر در سطح فرآورده باقی می‌ماند (۱۲ و ۱۱). در سال‌های اخیر مطالعات زیادی پیرامون افزودن نگهدارنده‌های طبیعی به فیلم‌ها صورت گرفته است. محققین امکان استفاده از اسانس‌های گیاهی را برای محافظت از انواع مواد غذایی در مقابل میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماری‌زا نشان دادند.

ایجاز و همکاران در سال ۲۰۱۸ خواص فیزیکوشیمیایی و میکروبی فیلم ترکیبی ژلاتین تیپ B حاوی اسانس میخک و نانو ذرات اکسید روی و کاربرد آن در نگهداری میگو را بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن ذرات نانو فیلمی با انعطاف پذیری کم و مقاومت مکانیکی بالا تولید کرد. همچنین نتایج نشان داد که کامپوزیت فیلم‌های حاوی ۵۰ درصد اسانس میخک خصوصاً در حضور نانو ذرات اکسید روی حداکثر فعالیت ضدباکتری را در برابر لیستریا مونوسیژنوز و سالمونلا تیفی موریوم تلقیح شده در میگو در طول ذخیره سازی یخچال نشان داد (۱۳).

آلپارسلان و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی ارزیابی کیفی میگوهای پوشش داده شده با ژلاتین حاوی اسانس برگ پرتقال پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که محلول‌های پوشش ژلاتین خوراکی غنی شده با اسانس برگ پرتقال نسبت به گروه کنترل اثرات قابل توجهی در کیفیت و ماندگاری میگوها داشتند. همچنین مشخص شد که محلول‌های پوششی ژلاتین خوراکی مورد استفاده در همه گروه‌ها بویژه در مورد ملانوز مؤثر است و ممکن است محلول‌های پوشش ژلاتین خوراکی با اسانس برگ پرتقال باعث بهتر شدن کیفیت میگو شود (۱۴).

حسینی و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی خواص مکانیکی فیلم‌های خوراکی بر پایه ژلاتین حاوی اسانس آویشن را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین مقاومت فیلم نسبت به پاره شدن مربوط

یکنواخت گردیده و سپس به محلول ژلاتین و گلیسرول افزوده و به مدت ۲۰ دقیقه ترکیب شدند. در نهایت محلول‌های حاصل داخل پلیت‌هایی با قطر ۱۵ سانتی‌متر ریخته و پس از خشک شدن کامل در دمای محیط، فیلم‌ها از پلیت جدا شده و داخل فویل‌های آلومینیومی در دسیکاتور حاوی نیترات منیزیم اشباع در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد به مدت ۷۲ ساعت برای انجام آزمایشات قرار گرفتند (۱۷).

همراه با همزدن ملایم (۴۰۰ دور در دقیقه) با استفاده از همزن مغناطیسی در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد تهیه گردید. سپس ۳۵ درصد پلاستی‌سایزر گلیسرول (براساس وزن ماده خشک مصرفی) افزوده و به مدت ۱۵ دقیقه ترکیب شد. در مرحله بعد غلظت‌های مشخص مطابق طرح آماری جدول ۱ از اسانس‌ها به محلول ژلاتین افزوده شد و به مدت ۱۵ دقیقه با هم مخلوط شدند و پس از افزودن ۰/۲ درصد توئین ۸۰ به عنوان امولسیفایر به نمونه‌ها با دستگاه هموزنایزر (مدل IKA T25 digital Ultra turrax آلمان)،

جدول ۱- تیمارهای فیلم خوراکی

Table 1. Edible films treatments

Treatment تیمار	Oregano (%) پونه (%)	Thyme (%) آویشن (%)	Sage (%) مریم‌گلی (%)
1	4	0	0
2	2	2	0
3	4	0	0
4	1.33	1.33	1.33
5	0.66	2.66	0.66
6	2	0	2
7	0	0	4
8	0	0	4
9	0.66	0.66	2.66
10	0	4	0
11	0	2	2
12	0	4	0
13	2.66	0.66	0.66

استفاده شد. به این منظور نمونه‌های فیلم به ابعاد ۴۰×۹ میلی‌متر بریده شده و داخل سلول اسپکتروفتومتر قرار گرفته شدند. یک نمونه سلول خالی نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. میزان عبور نور در طول موج‌های مختلف و همچنین جذب آن در طول موج ۵۰۰ نانومتر بررسی شد. از فرمول زیر برای اندازه‌گیری کدورت استفاده شد (۱۷).

اندازه‌گیری ضخامت فیلم‌ها: ضخامت تیمارهای فیلم توسط میکرومتر (Mitutoyo ژاپن) با دقت نزدیک به ۰/۰۰۱ میلی‌متر و در ۱۰ نقطه مختلف از هر نمونه اندازه‌گیری شد. میانگین ضخامت محاسبه شده در تعیین قدرت کششی، نفوذپذیری به بخار آب و کدورت استفاده گردید (۱۷).

اندازه‌گیری کدورت فیلم: برای تعیین ویژگی‌های نوری فیلم‌ها از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu ژاپن)

ضخامت فیلم / میزان جذب در  $500\text{nm}$  = کدورت  
فیلم

حلالیت: در تعیین حلالیت تکه‌های فیلم ( $2\text{cm} \times 2\text{cm}$ ) برش داده شد و در  $50^\circ\text{C}$  سی‌سی آب مقطر غوطه‌ور گردید و در دمای محیط به مدت ۶ ساعت با همزن مغناطیسی میکس شد. سپس فیلم‌ها توسط کاغذ صافی که قبلاً در دمای  $120^\circ\text{C}$  درجه سانتی‌گراد به وزن ثابت رسیده بود صاف و توزین گردید (A). کاغذ صافی همراه نمونه در دمای  $120^\circ\text{C}$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از رسیدن به وزن ثابت مجدداً توزین شد (B). میزان حلالیت فیلم‌ها از رابطه زیر محاسبه گردید (۱۷).

نفوذپذیری نسبت به بخار آب (تراوش پذیری)<sup>۱</sup>:  
نفوذپذیری نسبت به بخار آب به روش وزن سنجی انجام شد (ASTM-E96-95, 1995). در یک ظرف  $14$  میلی‌لیتری،  $10$  میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و توسط فیلم‌های ژلاتینی با مساحت  $1/5$  سانتی‌متر مربع درب بندی شد. بطری‌ها ابتدا توزین شد و در محفظه دارای سیلیکاژل با میزان رطوبت نسبی و دمای معین قرار گرفت. هر  $12$  ساعت و به مدت  $3$  روز توزین صورت گرفت. سپس نمودار تغییرات وزن ظرف در برابر زمان رسم و شیب آن محاسبه و میزان نفوذپذیری نسبت به رطوبت با فرمول زیر محاسبه شد (۱۷).

$$WVP (\text{gm}^{-1}\text{pa}^{-1}\text{s}^{-1}) = \frac{W \times X}{A \times t \times \Delta p}$$

W: میزان اختلاف وزن بطری، X ضخامت فیلم ژلاتینی، A: مساحت فیلم ژلاتینی ( $\text{m}^2$ )، t زمان بر حسب ثانیه و  $\Delta p$  اختلاف فشار بخار اتمسفر حاوی اسانس‌ها و آب خالص است.  
ویژگی‌های مکانیکی: قدرت کششی (مگاپاسکال)، افزایش طول تا نقطه شکست (%). و مدول یانگ (مگاپاسکال) جزو خواص مکانیکی می‌باشد. این ویژگی‌ها بر اساس استاندارد ASTM-D882 و با استفاده از دستگاه بافت سنج (TA-Plus, England) محاسبه شد (ASTM, 2001). فیلم‌ها به ابعاد  $10 \times 10$  جدا شدند و ضخامت در  $10$  نقطه محاسبه گردید. فیلم‌ها به مدت  $3$  روز در دسیکاتور حاوی محلول منیزیم نیترات با رطوبت  $55$  درصد و دمای  $25^\circ\text{C}$  درجه سانتی‌گراد مشروط شدند و سپس بین دو فک دستگاه بافت سنج با فاصله اولیه  $50\text{mm}$  و سرعت حرکت فک  $50\text{mm}/\text{min}$  قرار گرفته و ویژگی‌های مکانیکی آن و هم چنین مدول یانگ از روی منحنی نیرو بر حسب تغییر شکل محاسبه گردید (۱۷).

اندازه‌گیری میزان تغییرات رنگی: به منظور بررسی خصوصیات رنگی، نمونه‌های فیلم با یک دستگاه اسکنر رنگی مدل کانن (Canon, Cano Scan, LiDE 120 Scanner) و با دقت DPI600 اسکن شد. تمامی عکس‌ها با فرمت JPEG و کیفیت بالا ذخیره و سپس توسط نرم افزار Image j 1.4g به وسیله convertor color-space که افزودنی برنامه نامیده می‌شود، به فضای  $a^*, b^*, L^*$  تبدیل گردید (۱۷). این فضای رنگی از سه مؤلفه تشکیل می‌شود.  $L^*$  نشان‌دهنده میزان روشنایی تصویر است که بین  $0$  معادل مشکی و  $100$  انعکاس کامل نور تغییر می‌کند. مقادیر مؤلفه  $a^*$  نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است. مقادیر  $b^*$  نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و

<sup>1</sup> Water vapor permeability



آوردن شاخص بازداری (RI) گزارش شده در نرم افزار NIST۲۰۱۳ و مقایسه طیف جرمی هر یک از اجزای ترکیبات اسانس با طیف جرمی موجود در کتابخانه wiley7n.1 موجود در دستگاه GC/MS صورت پذیرفت و میزان ترکیبات (%) با استفاده از سطح زیر منحنی پیک ها محاسبه گردید (۱۲).

### تجزیه و تحلیل آماری

در این طرح جهت بررسی اثرات اصلی و همچنین اثرات متقابل سه اسانس استفاده شده از طرح آزمایشی مخلوط (سیمپلکس لاتیس) استفاده شد. طراحی آزمایشات، آنالیز واریانس و همچنین رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Design Expert<sub>13</sub> انجام شد.

### نتایج و بحث

**آنالیز اسانس ها:** نتایج آنالیز اسانس گیاهان توسط دستگاه GC-MS در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که ترکیب غالب موجود در اسانس پونه، Menthone (۴۵/۵ درصد) و بعد از آن Pulegone می باشد که ۳۹/۸ درصد را به خود اختصاص می دهد. همچنین ترکیب غالب موجود در اسانس آویشن، تیمول (۳۹/۴۴ درصد) بوده و بعد از آن P- Cymene و Y-terpinene به ترتیب ۲۳/۶ و ۱۲/۵۱ درصد را به خود اختصاص می دهند. در آنالیز اسانس مریم گلی ترکیب های اصلی شامل  $\alpha$ -Thujone (۲۶/۷ درصد) و Camphor (۲۴/۲ درصد) می باشند. این نتایج تقریباً مشابه سایر مطالعات بوده که احتمالاً مربوط به جنس و گونه یکسان آن ها می باشد (۳،۹،۸ و ۱۰).

**آزمون مکانیکی:** نتایج حاصل از آزمون های مکانیکی ترکیب فیلم ژلاتین با اثرات متقابل غلظت های مختلف اسانس ها در شکل ۱ آمده است. نتایج آنالیز آماری

مقادیر منفی معادل رنگ آبی است (۱۷). پارامترهای دیگری که از پارامترهای رنگی  $b^*$ ،  $a^*$  و  $L$  به دست می آیند شامل شاخص اشباعیت<sup>۱</sup> (SI)، زاویه هیو<sup>۲</sup> (Hue) و شاخص روشنایی<sup>۳</sup> (WI) است که از فرمول های زیر بدست می آیند (۱۷).

$$SI = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\text{Hue} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

**شناسایی ترکیبات اسانس:** شناسایی ترکیبات اسانس استخراج شده با تزریق ۰/۵ میکرولیتر اسانس رقیق شده با سیکلوهاگزان به دستگاه گازکروماتوگرافی حاوی ستون HP-5MS (طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت فاز ثابت ۰/۲۵ میکرومتر) متصل به طیف سنج جرمی انجام پذیرفت. برنامه دمایی ستون به این طریق تنظیم گردید: دمای ابتدایی آن ۴۰ درجه سانتی گراد بود و دما با سرعت ۵ درجه در دقیقه تا رسیدن به دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت و در این دما یک دقیقه باقی ماند و سپس دما با سرعت ۱۰ سانتی گراد در دقیقه تا رسیدن به دمای ۲۵۰ سانتی گراد افزایش یافت و پس از ۵ دقیقه توقف در این دما در نهایت با سرعت ۲۵ درجه سانتی گراد در دقیقه به دمای ۳۰۰ درجه سانتی گراد رسانده شد. گاز هلیوم با سرعت جریان ۱ میلی لیتر در دقیقه به عنوان گاز حامل به کار گرفته شد و دمای محفظه تزریق ۲۴۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید. طیف سنج جرمی با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت به کار گرفته شد. شناسایی نوع ترکیبات اسانس با کمک طیف نرمال آلکان ها ( $C_8-C_{24}$ ) و به دست

<sup>1</sup> Saturation Index

<sup>2</sup> Hue Angle

<sup>3</sup> Whiteness Index

پیوندهای ساختاری بهتر و هم جهت با ملکول ژلاتین باشد و احتمالاً در مریم‌گلی و آویشن این پیوندها کمتر می باشد که باعث جذب آب کمتر و پیوند هیدروژنی ضعیف‌تر در ساختار پروتئین ژلاتین می باشد. در همه نمونه‌ها پلاستی سایزر روغنی باعث افزایش حجم آزاد در نمونه می‌گردد و باعث افزایش کشش پذیری فیلم ژلاتین می‌گردد.

اختلاف معنی‌داری از آزمون‌های افزایش طول در نقطه شکست، مقاومت کششی و مدول یانگ را در تیمارهای جدول ۱ نشان داده است ( $p < 0.05$ ). میزان افزایش طول تا نقطه شکست (کشش‌پذیری) (A) در حضور حداکثر غلظت‌های آویشن و مریم‌گلی حداقل مقدار (۱۶ درصد) را دارا می‌باشد و با افزایش غلظت اسانس پونه در محیط این پاسخ به بیشترین مقدار خود (۲۶ درصد) می‌رسد که می‌تواند به دلیل افزایش

جدول ۲- آنالیز اسانس‌های گیاه آویشن (A)، پونه (B) و مریم‌گلی (C)

Table 2. Analysis of essential oils of thyme (A), oregano (B) and sage (C)

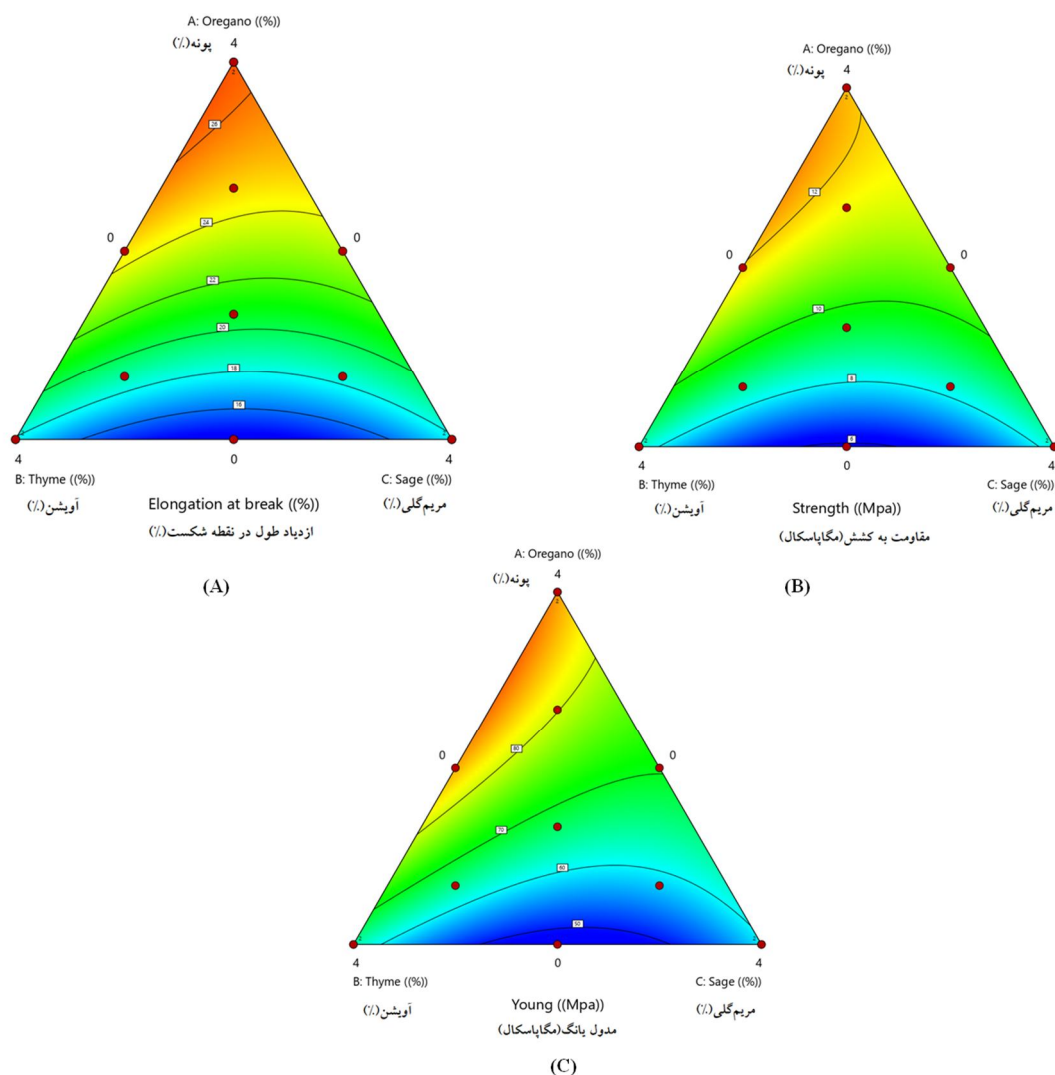
(C)		(B)		(A)	
Composition	Value(%)	Composition	Value(%)	Composition	Value(%)
(Z)-Salvene	0.3	$\alpha$ -thujene	0.08	Thymol	39.44
$\alpha$ -pinene	2.5	$\alpha$ -pinene	0.12	P- Cymene	23.6
camphene	4.1	3-methyl-cyclohexanone	0.09	Y- Terpinene	12.51
$\beta$ - pinene	0.3	sabinene	0.1	Ledol	2.24
myrcene	0.6	$\beta$ - pinene	0.26	Aromadendrene	2.12
p-cymene	1.3	3-octanone	0.34	Caryophyllene	0.94
Limonene	1.3	p-cymene	0.05	Farnesyl acetate	0.63
1,8-cineole	9.4	limonene	1.32	Linalyl acetate	0.55
Trans-linalool oxide	tr	1,8-cineole	1.17	-pinene $\alpha$	0.68
Cis-linalool oxide	0.1	terpinopene	0.07	-thujone $\alpha$	0.52
Linalool	0.4	3-octanalacetate	0.19	Geanyl acetate	0.44
$\alpha$ -thujone	26.7	menthone	45.5	Bisabolene	0.27
$\beta$ -thujone	10.0	menthol	2.07	3- eicosene	0.26
Trans-thujol	0.2	Cis-isopulegone	1.18	Farnesyl	0.52
Camphor	24.2	neoisomenthol	0.71	Phutol	0.21
Pinocamphone	0.2	myrtenal	0.04	-pinene $\beta$	0.2
Borneol	2.4	pulegone	39.8	Thujanol	0.17
terpinene-4-ol	0.2	piperitone	1.57	Camphor	0.17
myrtenol	0.2	$\beta$ -caryophyllene	0.47	Ethyl butyrate	0.63
Bornyl acetate	0.4	$\alpha$ -copaene	0.06	Caryophyllene oxide	0.13
$\beta$ - caryophyllene	0.6	$\alpha$ -humulene	0.77	Nerolidol	0.077
humulene epoxide II	0.3	cadinene	0.06	Globulol	0.02
		Caryophyllene oxide	0.31	Hexadecanoic acid	0.019
				7-tetradecene	0.032
				Heptacosane	0.056
				p-menth-2-en-1ol	0.10
				5- $\alpha$ -pergn- 16-en-20 one	0.36
				Octadecanoic methyl ester	0.14
				Ethyl chrysanthenumate	0.005
				2-pentadecanone6,10,14trimethyl	0.07

روغنی می‌تواند باعث بهبود ویژگی الاستیسیته فیلم گردند که باعث افزایش تغییرات طولی نسبت به تغییرات عرضی در زنجیره و ترکیبات می‌گردند. عوامل متعددی از جمله شکل ذرات و ساختار ملکول‌ها، توزیع ذرات و همچنین واکنش بین ذرات در خواص مکانیکی مؤثرند. نتایج پژوهش فلاح و همکاران (۲۰۲۰) بر روی تأثیر اسانس کندر و نقش اتصال‌دهندگی سدیم هگزامتافسفات بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ساختاری و میکروبی فیلم خوراکی

مقاومت به کشش (B) روندی مشابه منحنی (A) دارد و بیشترین مقدار آن در محیط با افزایش غلظت اسانس پونه به ۱۲ مگاپاسکال می‌رسد که احتمالاً به دلیل کاهش نفوذ پلاستی‌سایزر ناشی از افزایش غلظت اسانس پونه می‌باشد که غلظت ترکیبات روان‌کننده کمتری در فیلم ایجاد می‌شود. رفتار مدول یانگ با تغییرات میزان مقاومت کششی و افزایش طول در نقطه شکست هم جهت است. افزایش مدول یانگ احتمالاً به این دلیل است که اسانس‌ها به دلیل ماهیت

نسبت دادند (۱۸). تونگوانچان و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای بر روی ویژگی‌های فیلم ژلاتین پوست ماهی حاوی روغن پالم و اسانس ریحان با سورفاکتانت‌های مختلف نشان دادند که افزودن اسانس باعث کاهش میزان مقاومت کششی گردیده است (۱۹) که با مطالعات وو و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی فیلم‌های ژلاتین ماهی حاوی اسانس دارچین مطابقت داشت (۳).

ژلاتین و اثر تیمار بهینه بر نگهداری یخچالی فیله ماهی قزل‌آلا نشان داد با افزایش اسانس، درصد افزایش طول در نقطه شکست و مقاومت به کشش افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق همسو بود (۱۲). پینروس و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی بر روی فیلم‌های بر پایه نشاسته، رفتار کاهش مقاومت کششی و مدول یانگ را به تأثیر اسانس بر ساختار هتروژن فیلم و تعامل ضعیف بین گلیسرول و نشاسته



شکل ۱- اثرات متقابل اسانس‌ها بر خواص مکانیکی

Figure 1. Interaction effects of essential oils on mechanical properties

حاصل از کدورت و حلالیت در شکل ۲ نشان داده شده است. کدورت معیاری جهت سنجش شفافیت

خواص فیزیکی فیلم‌های تولیدی (کدورت، حلالیت، نفوذپذیری به بخار آب و ضخامت): نتایج

دریافتند که با افزایش میزان اسانس حلالیت فیلم‌ها در آب کاهش می‌یابد (۲۳). مهرج احمد و همکاران (۲۰۱۸) نیز در بررسی اثر اسانس ترنج و لیموترش بر روی فیلم تهیه شده از ژلاتین به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۱).

نتایج حاصل از ضخامت فیلم‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اثرات متقابل ضخامت فیلم‌ها در غلظت‌های مختلف اسانس معنی‌دار می‌باشد ( $p < 0/05$ ). بیشترین مقدار در ناحیه اسانس پونه کوهی مشاهده می‌گردد طوریکه با افزایش درصد اسانس پونه کوهی، ضخامت فیلم‌ها افزایش یافت. افزودن اسانس پونه کوهی سبب ایجاد ساختار غیریکنواخت همراه با منافذ می‌شود که نشان‌دهنده افزایش ضخامت نسبت به سایر تیمارها است که این پاسخ در اسانس‌های آویشن و مریم‌گلی مشاهده نشد (۲۴،۹).

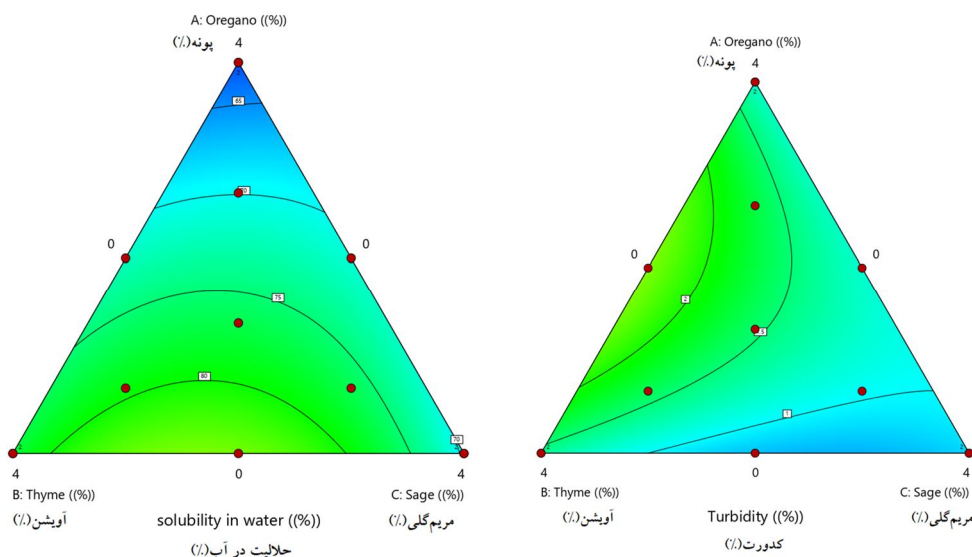
نتایج نفوذپذیری با بخار آب نشان داد که در حضور غلظت زیاد اسانس پونه اثرات متقابل نفوذپذیری در تمامی تیمارها به‌طور معنی‌داری به ۷/۶۱ افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). دلیل این رفتار احتمالاً به علت وجود ترک و شکاف ایجاد شده به علت تبخیر اسانس موجود در فرمولاسیون فیلم‌ها می‌باشد. علاوه بر آن نسبت ترکیبات آب‌دوست به آب‌گریز مواد موجود در فیلم، تأثیر مستقیمی روی میزان انتقال بخار در فیلم دارد (۲۹). به‌طوری‌که بر هم‌کنش بین اسانس روغنی با سایر ترکیبات موجود در فیلم، باعث کاهش خاصیت آب‌گریزی ماتریس فیلم شده و در نتیجه نفوذپذیری به بخار آب در غلظت‌های زیاد پونه افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج حسینی و همکاران (۲۰۲۳) هماهنگ می‌باشد که با افزایش اسانس پونه کوهی، نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های بر پایه ژلاتین افزایش یافت (۲۵).

فیلم‌ها است. کدورت بالاتر نشان‌دهنده شفافیت کمتر می‌باشد و باعث جلوگیری از فساد در مواد غذایی بسته‌بندی شده می‌گردد. مقایسه میزان کدورت فیلم‌های تولیدی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای جدول ۱ وجود ندارد ( $p > 0/05$ ). شکل ۲ نشان می‌دهد اسانس پونه تأثیر بیشتری در افزایش کدورت نسبت به اثرات متقابل سایر اسانس‌ها در فیلم خوراکی را دارا می‌باشد. ضخامت فیلم از بعد ترکیبی همیشه تحت تأثیر افزودن ترکیبات مختلف نظیر امولسیفایرها، پلاستیسیزرها و مقدار ماده خشک و نیز افزودنی‌هایی مثل اسانس‌ها است (۲۰). دلیل این رفتار را می‌توان به میزان ترکیبات مختلف مواد نسبت داد که سبب تغییرات قابل توجهی در خواص نوری فیلم‌ها می‌شود. یافته‌های احمد و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که با افزایش درصد اسانس ترنج و همچنین اسانس پوتار، کاهش میزان عبور نور از فیلم‌ها و کدورت آنها را موجب شد (۲۱).

مقدار حلالیت بین همه غلظت‌های اسانس‌های مورد استفاده معنی‌دار نبود ( $p > 0/05$ ). به‌طورکلی اثرات متقابل اسانس‌های آویشن و مریم‌گلی بیشترین مقدار (۸۰ درصد) را به خود اختصاص داد و با افزایش اسانس پونه به مخلوط، حلالیت به ۶۵ درصد کاهش یافت. تفاوت در میزان حلالیت، به غلظت و ماهیت گروه‌های عاملی ترکیبات بستگی دارد. افزودن اسانس به ترکیب فیلم، باعث می‌شود که اجزای غیرقطبی اسانس با دامنه هیدروفیل ژلاتین در تعامل بوده و باعث افزایش آب‌گریزی و کاهش حلالیت فیلم حاصل گردد (۲۱). این نتایج قابل مقایسه با یافته‌های شجاعی - علی آبادی و همکاران (۲۰۱۳) می‌باشد که کاهش حلالیت در آب فیلم‌های کاپا کاراگینان را در نتیجه افزودن اسانس مرزه به آن گزارش کردند (۲۲). جمریز و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر اسانس اسطوخودوس بر روی فیلم نشاسته/فورسلاران/ژلاتین

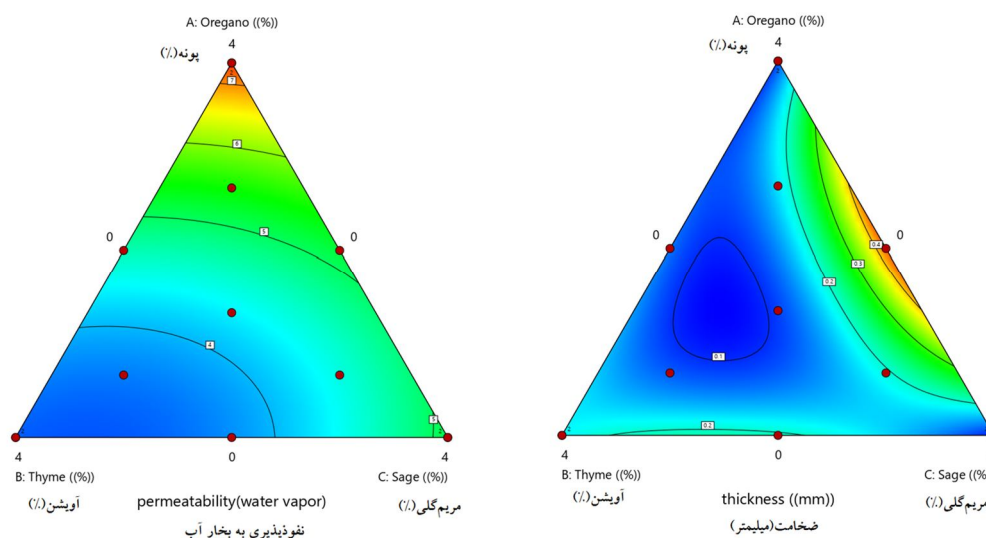
در شکل ۳، افزایش میزان نفوذپذیری در حضور اسانس پونه به بیشترین مقدار می‌رسد، طوریکه علت این افزایش را به پیوستگی بستر یا ماتریس پلیمرها در حضور اسانس نسبت می‌دهند. مهرج احمد و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که اختلاط سطح بیشتر اسانس ترنج باعث افزایش نفوذپذیری می‌شود که با مشاهدات پژوهش منطبق داشت، اما غلظت بالاتر اسانس لیموترش منجر به کاهش نفوذپذیری فیلم‌های ژلاتین شده است که مطابق با مشاهدات نبود. دلیل آن را تفاوت در ماهیت اسانس‌های مورد بررسی بیان کردند (۲۱).

تأثیر ماهیت پلیمر و ترکیب فیلم بر ضخامت‌های حاصل را می‌توان در نتایج حاصل از مطالعات سایر محققین نیز مشاهده کرد. فرناندز و همکاران (۲۰۰۴) از پلاستیسایزرهای مختلف همانند گلیسرول، اریتریتول و سوربیتول استفاده کردند و فیلم‌های ترکیبی حاصل هر کدام ضخامت متفاوتی داشتند به صورتی که فیلم ترکیبی حاوی گلیسرول بیشترین ضخامت را داشت. بنابراین، مشاهده ضخامت‌های مختلف متأثر از ماهیت و ترکیب فیلم و نوع تعامل میان ترکیبات مختلف فیلم با منشأهای متفاوت است که ساختارهای متفاوتی را ایجاد می‌کنند (۲۶).



شکل ۲- اثرات متقابل اسانس‌ها بر روی کدورت و حلالت

Figure 2. Interaction effects of essential oils on turbidity and solubility



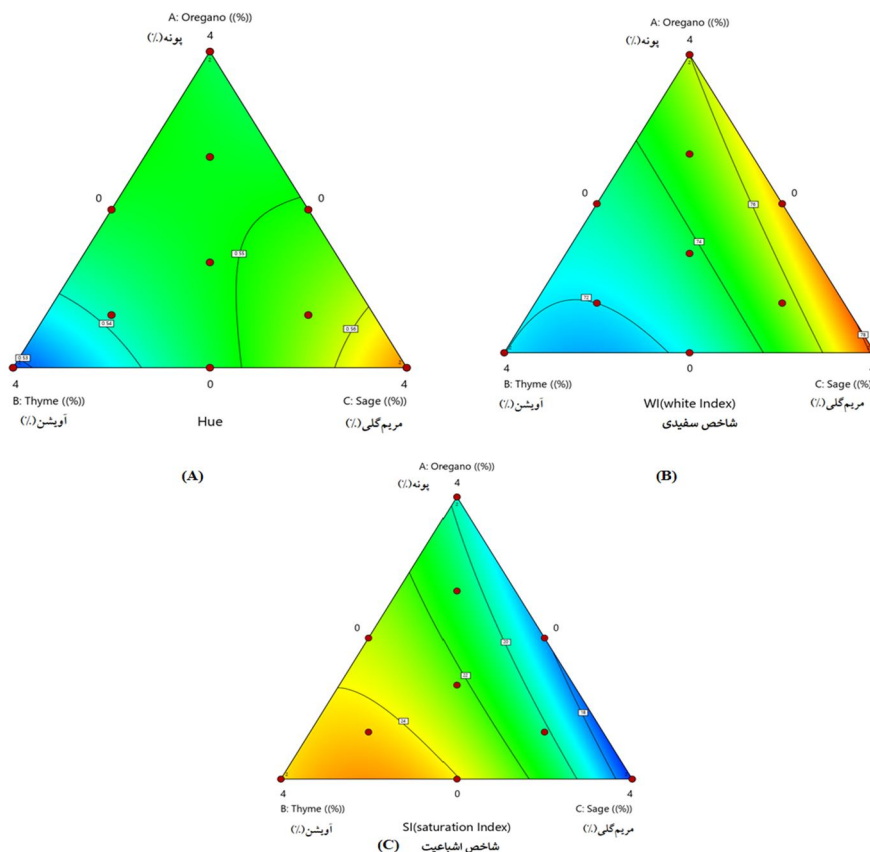
شکل ۳- اثرات متقابل اسانس‌ها بر روی نفوذپذیری به بخار آب و ضخامت

Figure 3. Interaction effects of essential oils on water vapor permeability and thickness

(۷۸) در ناحیه مریم گلی مشاهده گردید. با بررسی شکل ۴-C بر روی شاخص اشباعیت مشخص گردید که بیشترین مقدار (۲۴) در ناحیه اسانس آویشن و اسانس پونه روندی مشابه WI دارد و کمترین مقدار (۱۸) در ناحیه اسانس مریم گلی است و روند معنی‌داری را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ).

تانگوچان و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کرده‌اند که افزودن انواع مختلف اسانسها (ترنج، لیمو) به فیلم ژلاتین پوست میتواند شفافیت فیلم را کاهش دهد که این امر ناشی از قرار گرفتن قطره‌های اسانس در ماتریس فیلم می‌باشد. با توجه به پراکندگی نور توسط قطرات اسانس، شدت پراکندگی نور به‌طور عمده بستگی به غلظت و میزان پراکندگی قطرات اسانس در ماتریس فیلم دارد (۲۷).

شاخص‌های رنگی: شکل ۴ بررسی اثرات متقابل پارامترها روی شاخص‌های اشباعیت (SI)، زاویه هیو (HA) و شاخص سفیدی (WI) را نشان می‌دهد. در شکل ۴-A، زاویه هیو (HA) بیانگر رنگ غالب است و اثر متقابل اسانس‌ها بر روی این زاویه معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). هر چه این زاویه به صفر نزدیک‌تر باشد، بیانگر قرمز رنگ بودن نمونه است. در شکل مذکور مشاهده می‌شود در حضور غلظت زیاد اسانس آویشن این زاویه هیو کمترین مقدار (۰/۵۴) و با افزایش اسانس پونه این میزان افزایش می‌یابد و در حضور اسانس مریم گلی به بالاترین مقدار (۰/۵۶) می‌رسد. در شکل ۴-B، تفاوت معنی‌داری در شاخص سفیدی (WI) مشاهده شد ( $p < 0.05$ ); به‌طوری‌که کمترین مقدار (۷۲) در ناحیه آویشن و در حضور اسانس پونه روندی افزایشی دارد و بیشترین مقدار



شکل ۴- اثرات متقابل اسانس‌ها بر روی شاخص‌های رنگی

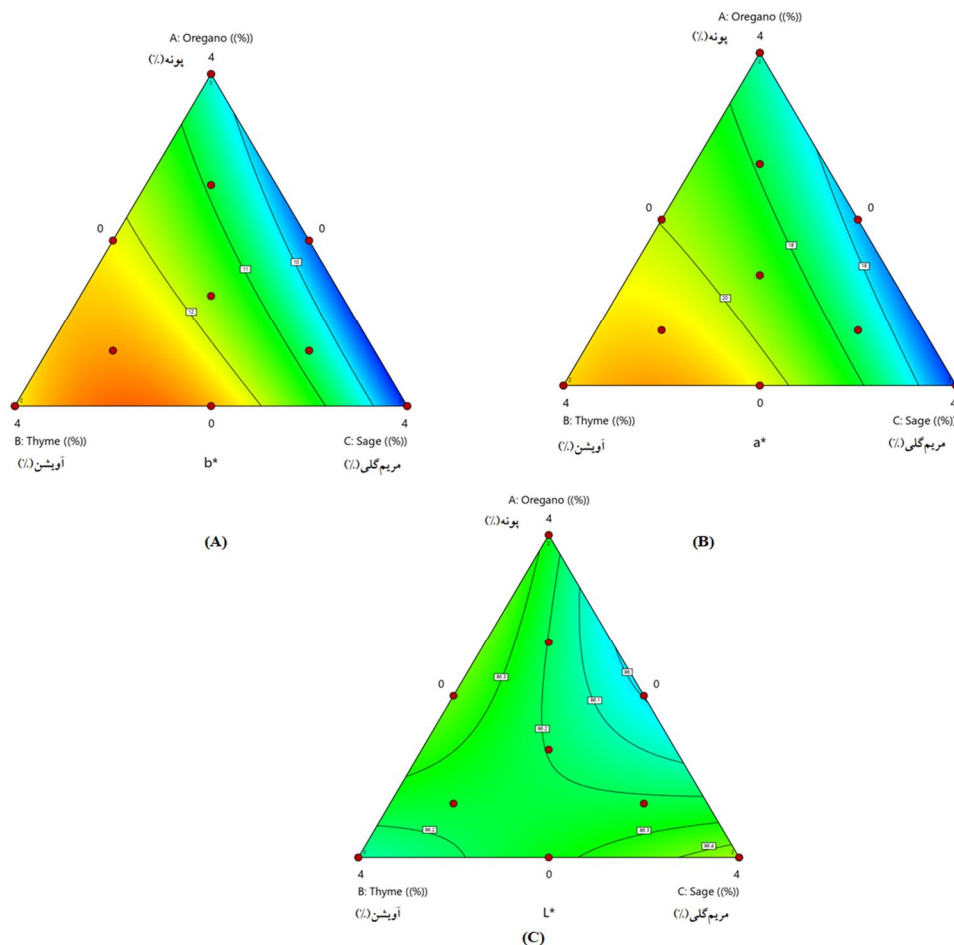
Figure 4. Interaction effects of essential oils on color index

نشان می‌دهد و اسانس پونه در حد واسط قرار دارد و اختلاف معنی‌دار می‌باشد. شاخص  $b^*$  شاخص زردی-آبی است که هر چه بیشتر باشد نشان‌دهنده زردی و هر چه کمتر باشد نشان‌دهنده آبی بودن است. شکل A-5، روند تغییرات  $b^*$  نشان می‌دهد بیشترین مقدار (۱۲) در ناحیه آویشن و کمترین تغییرات (۱۰) در ناحیه مریم گلی است و اختلاف معنی‌دار می‌باشد. تفاوت در رنگ می‌تواند احتمالاً به ماهیت زرد رنگ اسانس نسبت داده شود. کاهش شفافیت فیلم‌های خوراکی با کاهش میزان عبور نور هنگام افزودن اسانس ارتباط داشت. این پدیده را می‌توان به ترکیبات فنولی موجود در اسانس نسبت داد که در طول موج‌های پایین توانایی جذب نور دارند (۲۲).

تغییرات میزان پارامتر  $L$ ،  $a^*$  و  $b^*$ : شاخص  $L$  شاخص تیرگی-روشنی است که بیشتر شدن آن نشان‌دهنده روشن‌تر بودن و کمتر شدن آن تیرگی را نشان می‌دهد. شکل C-5، بررسی اثرات متقابل اسانس‌های آویشن و مریم گلی، روند بی‌معنی را نشان می‌دهد و با افزایش اسانس پونه تغییر محسوسی در تغییر رنگ ایجاد نمی‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کمترین میزان این شاخص رنگی ۸۶ می‌باشد.

شاخص  $a^*$  شاخص قرمزی سبزی نامیده می‌شود که هر چه بیشتر باشد، نشان‌دهنده قرمزی و با کاهش آن رنگ سبزتر می‌شود. شکل B-5، روند تغییرات  $a^*$  بیشترین مقدار (۲۰) در ناحیه اسانس آویشن و کمترین مقدار (۱۶) در ناحیه اسانس مریم گلی را





شکل ۵- اثرات متقابل اسانس‌ها بر روی شاخص  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$

Figure 5. Interaction effects of essential oils on  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  index

به طوری که با افزایش اسانس پونه به مخلوط بیشترین میزان آن مشاهده شد. با توجه به نتایج بدست آمده از پارامترهای رنگی، می توان اذعان کرد که مقادیر اشباعیت، زاویه هیو و شاخص سفیدی با تغییرات فرمولاسیون مخلوط تغییر می کنند. به طور کلی می توان نتیجه گرفت فیلم های فعال ژلاتین در حضور غلظت زیاد اسانس پونه بالاترین کارایی و ویژگیهای مطلوب را نسبت به اسانس های آویشن و مریم گلی را دارد و می تواند با تأخیر در اکسیداسیون لیپیدها، خواص مکانیکی و تغییرات رنگی مطلوب، به عنوان یک پوشش مناسب برای محافظت مواد غذایی استفاده گردند.

### نتیجه گیری کلی

به طور کلی در این پژوهش ویژگی های فیلم خوراکی ژلاتین تحت تأثیر افزودن غلظت های مختلف اسانس های آویشن، پونه و مریم گلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اختلاف مقادیر حلالیت و کدورت فیلم های ژلاتینی حاصل معنی دار نبوده است ( $p > 0.05$ ). نفوذپذیری به رطوبت و ضخامت تمامی تیمارها با افزایش میزان اسانس پونه به طور معنی داری افزایش یافت. مقاومت به کشش، افزایش طول تا نقطه شکست و مدول یانگ در تمامی تیمارهای جدول ۱ در حضور غلظت زیاد اسانس پونه در محیط به صورت معنی داری افزایش یافت.

### References



1. Piermaria, J.A., Pinotti, A., Garcia, M.A., and Abraham, A.G. 2009. Films based on kefiran, an exopolysaccharide obtained from kefir grain: development and characterization. *Food Hydrocolloids*. 23(3):684-90.
2. Hanani, Z.N., Roos, Y.H., and Kerry, J. 2014. Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. *International journal of biological macromolecules*. 71:94-102.
3. Wu, J., Sun, X., Guo, X Ge, S., and Zhang, Q. 2017. Physicochemical properties, antimicrobial activity and oil release of fish gelatin films incorporated with cinnamon essential oil, *Aquaculture and Fisheries*. 2(4):185-92.
4. Ejaz, M., Arfat, YA., Mulla, M., Ahmed, J. 2018. Zinc oxide nanorods/clove essential oil incorporated Type B gelatin composite films and its applicability for shrimp packaging. *Food Packaging and Shelf Life*. 15:113-21.
5. Gennadios, A. 2002. Protein-based films and coatings: *CRC Press*.
6. Bonilla, J., Poloni, T., Lourenço, RV., and Sobral, PJ. 2018. Antioxidant potential of eugenol and ginger essential oils with gelatin/chitosan films. *Food bioscience*. 23:107-14.
7. Zafarani, M., Ojagh, SM., Alishahi, A., and Kazemi, M. 2017. The effect of chitosan type on the properties of biodegradable films produced from gelatin obtained from the skin of elephant fish. *Quarterly journal of new food technologies*. 6(1): 149-159.
8. Martucci, JF., Gende, LB., Neira, L., and Ruseckaite, R.A. 2015. Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Industrial Crops and Products*. 71:205-13.
9. Ghadermarzi, R., Keramat, J. and Goli SA, 2013. The effect of oregano essential oil on the properties of hydroxypropyl methyl cellulose edible film. *Quarterly journal of new food technologies*. 2(7) 61-74.
10. Akhter, R., Masoodi, F., Wani, TA., and Rather, SA. 2019. Functional characterization of biopolymer based composite film: Incorporation of natural essential oils and antimicrobial agents. *International journal of biological macromolecules*. 137:1245-55.
11. Kavooosi, G., Dadfar, S.M.M. and Purfard, A.M. 2013. Mechanical, physical, antioxidant, and antimicrobial properties of gelatin films incorporated with thymol for potential use as nano wound dressing. *Journal of Food Science*. 78(2).
12. Fallah, M., Rouhi, M., Sadeghi, E., Sarlak, Z., Moghadam, A. and Mohammadi, R. 2021. Effects of Olibanum essential oil on physicochemical, structural, antioxidant and microbial characteristics of Gelatin edible films. *Iranian journal of nutrition science and food technology*. 15(4): 93-102.
13. Ejaz, M., Arfat, YA., Mulla, M., and Ahmed, J. 2018. Zinc oxide nanorods/clove essential oil incorporated Type B gelatin composite films and its applicability for shrimp packaging. *Food Packaging and Shelf Life*. 15:113-21.
14. Alparslan, Y., Yapıcı, HH., Metin, C., Baygar, T., Günlü, A., and Baygar, T. 2016. Quality assessment of shrimps preserved with orange leaf essential oil incorporated gelatin. *LWT-Food Science and Technology*. 2016;72:457-66.
15. Hosseini, M., Rahimi, Z. and saifi, T. 2023. Production of edible film based on gelatin containing thyme essential oil: investigation of its physicochemical, mechanical, antioxidant and microbial properties. *Iranian food science and technology*. 20(135): 129-139.
16. Han, JH. 2003. Antimicrobial food packaging. *Novel food packaging techniques*. 8:50-70.
17. Langroodi, AM., and Hossein, Tajik. 2017. Antimicrobial effects of hydroalchol sumac extract with chitosan containing zataria multiflora boiss essential oil on beef meat in normal and modified atmosphere packaging. *The Journal of Urmia University of Medical Sciences*. 28(3):192-205
18. Piñeros-Hernandez, D., Medina-Jaramillo, C., López-Córdoba, A. and Goyanes, S. 2017. Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. *Food Hydrocolloids*. 63: 488-495.

19. Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T., Pisuchpen, S., and Osako, K. 2016. Mechanical, thermal and heat sealing properties of fish skin gelatin film containing palm oil and basil essential oil with different surfactants. *Food Hydrocolloids*. 56:93-107.
20. Pinotti, A., García, M., Martino, M. and Zaritzky, N. 2007. Study on microstructure and physical properties of composite films based on chitosan and methylcellulose. *Food Hydrocolloids*. 21: 66-2.
21. Ahmad, M., Benjakul, S., Prodpran, T., and Agustini, TW. 2012. Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils. *Food Hydrocolloids*. 28(1):189-199.
22. Shojae-Aliabadi, S., Hosseini, H., Mohammadifar, M A., Mohammadi, A., Ghasemlou, M., Ojagh, SM., Hosseini, S.M. and Khaksar R. 2013. Characterization of antioxidant-antimicrobial κ-carrageenan films containing Satureja hortensis essential oil. *International journal of biological macromolecules*. 52: 116-124.
23. Jamróz, E., Juszczak, L., and Kucharek, M. 2018. Investigation of the physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of ternary potato starch-furcellaran-gelatin films incorporated with lavender essential oil. *International journal of biological macromolecules*. 114:1094-101.
24. Cheng, S., Wang, W., Li, YGao.G., Zhang, K., and Zhou, J. 2019. Cross-linking and film-forming properties of transglutaminase-modified collagen fibers tailored by denaturation temperature. *Food chemistry*. 271:527-35.
25. Hosseini, SF., Rezaei, M., Zandi, M. and Farahmandghavi, F. 2015. Bio-based composite edible films containing Origanumvulgare L. essential oil. *Industrial Crops and products*. 67: 403-413.
26. Fernández-Cervera, M., Heinämäki, J., Krogars, K., Jörgensern, A. C., Karjalainen, M. and Iraizoz-Colarte, A. 2004. Solid-state and mechanical properties of aqueous chitosan-amylose starch films plasticized with polyols. *Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 5: 1-6.
27. Tongnuanchan, P., Benjakul, S., and Prodpran, T. 2012. Properties and antioxidant activity of fish skin gelatin film incorporated with citrus essential oils. *Food Chemistry*. 134, 1571–1579.