



جلوگیری از رشد قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* در پسته تازه با استفاده از پوشش خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز/ژل آلوه‌ورا حاوی اسانس گیاه آویشن و مرزه

سمیه محمدی پیرانی^۱، شیما علائی^{۲*}، لیا شوشتری^۲

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

۲- مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی گیاهی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

کلمات کلیدی:

آلوه ورا، آویشن، پوشش خوراکی، پسته، مرزه.

DOI: 10.48311/fsct.2026.83867.0

* مسئول مکاتبات:

shimaalaci@iau.ac.ir

ایران از بزرگترین صادرکننده‌های پسته در جهان است. پسته یکی از محصولات با ارزش صادراتی است که بسیار مستعد به آلودگی به قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* می‌باشد. در این راستا مطالعات نشان داده است که پوشش‌های خوراکی کارایی بسیار زیادی جهت جلوگیری از آلودگی قارچی پسته، تولید آفلاتوکسین و در نتیجه افزایش عمر انبارمانی آن دارند. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر پوشش خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز و آلوه‌ورا حاوی اسانس مرزه و آویشن شیرازی بر تولید آفلاتوکسین توسط قارچ *آسپرژیلوس فلاووس*، افت وزن، میزان چربی و پروتئین نمونه‌ها طی دوره نگهداری بود. همچنین خاصیت ضد قارچی غلظت‌های مختلف اسانس مرزه، آویشن و آلوه‌ورا و همچنین تاثیر سینرژیستی آنها بر *آسپرژیلوس فلاووس* بررسی شد. نتایج نشان داد که اسانس‌های مرزه و آویشن در غلظت ۱۰۰۰ ppm و ژل آلوه‌ورا در غلظت ۲۰ درصد به‌طور معنی‌داری مانع از رشد قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* شدند. بیشترین میزان جلوگیری از افت وزن، کاهش میزان چربی، کاهش میزان پروتئین نمونه‌ها طی دوره ۳۰ روز نگهداری به ترتیب با پوشش دهی با آلوه‌ورا و آویشن، پوشش دهی با کربوکسی متیل سلولز و آویشن و پوشش دهی با آلوه‌ورا و کربوکسی متیل سلولز مشاهده شد. پوشش دهی نمونه‌ها با استفاده از کربوکسی متیل سلولز ۱٪ و ژل گیاه آلوه‌ورا با غلظت ۲۰٪ حاوی اسانس گیاهان مرزه و آویشن با غلظت ۱۰۰۰ ppm به‌طور معنی‌داری مانع از آلودگی نمونه‌ها به آفلاتوکسین‌های B₁ و B₂ تا روز ۴۰ نگهداری شد. با توجه به نتایج استفاده از پوشش خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز و آلوه‌ورا حاوی اسانس مرزه و آویشن راهکاری مناسب جهت افزایش عمر ماندگاری پسته و جلوگیری از آلودگی قارچی آن و تولید آفلاتوکسین می‌باشد.

۱-مقدمه

درخت پسته از گیاهان خانواده‌ی *آناکاردیاسه* است که در مناطق نیمه گرمسیری رشد می‌کند و کشت و کار آن در ایران سابقه‌ی تاریخی دارد. در حال حاضر، ایران یکی از بزرگترین صادرکننده‌های پسته در جهان است. مطالعات نشان داده است که نامساعد بودن شرایط محیطی طی دوره نگهداری باعث کپک زدگی پسته، تولید سموم به ویژه آفلاتوکسین، جذب رطوبت و بروز طعم‌های کهنگی و در نهایت افت کیفیت و بازارپسندی محصول می‌شود [۱]. آفلاتوکسین‌ها متابولیت‌هایی هستند که توسط سویه‌های سمی کپک‌ها، عمدتاً *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* و *آسپرژیلوس فلاووس* تولید می‌شوند. به دلیل محتوای بالای لیپید و کربوهیدرات، قارچ‌های *آسپرژیلوس* تمایل زیادی برای رشد بر روی دانه‌ها و بذرهای روغنی دارند [۲]. رشد و توسعه این قارچ‌ها بر روی پسته و دانه‌های روغنی باعث بروز مشکلات حادی در انسان و حیوان شده و یکی از عوامل اصلی سرطان کبد در کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود. *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* دو گونه مهم تولیدکننده آفلاتوکسین در بین گونه‌های مختلف *آسپرژیلوس*‌ها هستند [۳]. یکی از راه‌های جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها و حل مشکلات انبارمانی استفاده از پوشش‌ها/فیلم‌های خوراکی می‌باشد. در پژوهش‌های مختلف از پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها به منظور تولید پوشش‌های خوراکی استفاده شده است. در تولید پوشش‌های خوراکی بر پایه کربوهیدرات‌ها از پلی‌ساکاریدهای مختلفی همچون نشاسته، سلولز، کربوکسی متیل سلولز، آلژینات و کیتین استفاده می‌شود. کربوکسی متیل سلولز (CMC) است که از طریق واکنش سلولز با هیدروکسید سدیم و اسید کلرواستیک تولید می‌شود. این ترکیب محلول در آب بوده و به تنهایی فیلم‌های انعطاف پذیر و مستحکم‌ی را تشکیل می‌دهد همچنین کربوکسی متیل سلولز یکی از ارزان‌ترین بیوپلیمرهایی است که بصورت صنعتی تولید می‌شود [۴]. ژل آلوه‌ورا به علت دارا بودن

خاصیت ضد میکروبی و همچنین کاهش افت وزن و رطوبت، به طور گسترده‌ای به عنوان پوشش میوه‌ها و سبزی‌های تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵]. پوشش‌های خوراکی می‌توانند حاوی ترکیبات زیست فعال همچون ترکیبات ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی و آنتی بیوتیک باشند که رهایش این ترکیبات از پوشش موجود بر ماده غذایی باعث افزایش زمان ماندگاری محصول و جلوگیری از افزایش بار میکروبی آن می‌گردد [۶]. در میان ترکیبات زیست فعال که قابلیت کاربرد در پوشش‌های خوراکی را دارند، گیاه مرزه با نام علمی *Satureja hortensis* متعلق به خانواده نعنائیان است. مرزه عمدتاً حاوی ترکیبات فنلی تیمول و کارواکرول است که دارای فعالیت ضد قارچی می‌باشند [۷]. از سوی دیگر آویشن (*Thymus vulgaris* L.) یکی دیگر از گیاهان تیره نعنائیان است که در صنایع غذایی، دارویی، بهداشتی و آرایشی کاربرد متنوعی دارد. آویشن از دیرباز در طب سنتی کاربرد زیادی داشته است و مشخص شده است که دارای خواصی نظیر ضداسپاسم، بادشکن، ضدقارچ، ضدعفونی کننده، ضد کرم، ضد رماتیسم و خلط آور می‌باشد. اسانس آویشن به دلیل داشتن خواص ضد باکتریایی و ضدقارچی، آنتی اکسیدانی قابل توجه جایگاه خاصی در تجارت جهانی و کاربرد به عنوان نگهدارنده در محصولات غذایی دارد [۸]. در پژوهش‌های گوناگونی از پوشش‌های خوراکی مختلف همچون کیتوزان [۱]، ژل آلوه‌ورا [۹]، کربوکسی متیل سلولز [۱۰] و آلژینات [۱۱] برای افزایش عمر ماندگاری پسته استفاده شده است. بنابراین با توجه به موارد بیان شده هدف از این پژوهش بررسی تاثیر پوشش خوراکی بر پایه CMC/ژل آلوه‌ورا حاوی اسانس مرزه و یا آویشن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ضد قارچی پسته پوشش دهی شده طی دوره نگهداری بود.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد شیمیایی

مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از جمله توین ۸۰، کربوکسی متیل سلولز و محیط کشت PDA از شرکت مرک (آلمان) خریداری شدند. پسته تازه مورد استفاده در این پژوهش، رقم اکبری بود که از شهرستان کرمانشاه و تحت نظر کارشناس باغبانی جهاد کشاورزی خریداری و تا زمان شروع آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری گردید.

۲-۲- استخراج اسانس

استخراج اسانس بوسیله دستگاه کلونجرانجام گرفت. به این ترتیب که ۵۰ گرم گیاه خشک شده آسیاب و در بالن ۵۰۰ میلی لیتری ریخته و به آن حدود ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر افزوده و عمل استخراج و اسانس گیری انجام شد. زمان لازم برای استخراج در حدود ۳ ساعت در نظر گرفته شد. اسانس حاصل در ظروف تیره جمع آوری شد و در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد [۱۲].

۲-۳- بررسی خاصیت ضدقارچی اسانس های گیاهی و ژل آلوئه ورا

جهت آماده سازی سوسپانسیون قارچ *Aspergillus flavus* از محیط کشت PDA استفاده شد. گرمخانه گذاری در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷ روز صورت گرفت. سوسپانسیون با افزودن ۱۰ میلی لیتر آب مقطر و معلق کردن محتویات کشت قارچی ۷ روزه در محیط کشت آماده گردید. کونیدیا ها پس از برداشت از محیط کشت، در آب مقطر استریل حاوی ۰/۵ درصد توین ۸۰ قرار گرفتند. سپس، به مدت ۱۵ ثانیه مخلوط گردیدند و ۵ دقیقه اجازه داده شد تا قطعات سنگین ته نشین شوند. غلظت اسپورها با استفاده از لام هموسیتومتر به میزان اسپور 1×10^6 در میلی لیتر تنظیم شد. غلظت های استفاده شده جهت بررسی خاصیت ضد قارچی برای اسانس مرزه و آویشن به ترتیب ppm ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ و غلظت های در نظر گرفته شده برای ژل آلوئه ورا ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ بود. استوک های مورد نظر با حل کردن اسانس ها و ژل آلوئه ورا

در محلول ۱۰٪ DMSO بدست آمد. به منظور بررسی اثر مهارکنندگی پوشش های در برابر قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* و انتخاب پوشش با فرمولاسیون مناسب در لحظه ریختن محیط کشت درون پلیت ها، استوک های اسانس و ژل آلوئه ورا آماده شده با محیط کشت مخلوط شد. پس از بستن محیط کشت، ۱۰ میکرولیتر از سوسپانسیون اسپور *آسپرژیلوس* در مرکز پلیت اضافه شد. پلیت ها در دمای ۲۸ درجه سانتی گراد به مدت ۷ روز درون انکوباتور قرار داده شدند و در انتهای ۷ روز قطر رشد کلونی قارچ (قطر رشد میسلیم) با استفاده از کولیس اندازه گیری شد [۱۳].

۲-۴- تهیه محلول های پوشش دهی

پایه پوشش خوراکی مورد نظر آب مقطر و کربوکسی متیل سلولز با مقدار ۱٪ بود. از اسانس گیاهان مرزه و آویشن با غلظت ۱۰۰۰ ppm و همچنین ژل گیاه آلوئه ورا با غلظت ۲۰٪ استفاده شد. جهت یکنواختی ترکیبات اسانس و ژل آلوئه ورا در پوشش خوراکی از آب مقطر همراه با توین ۸۰ با غلظت ۰/۵ درصد استفاده شد. با توجه به استفاده از اسانس گیاهی جهت ایجاد خاصیت پایدار کنندگی در محلول پوشش از غلظت ۱٪ پروپیلن گلیکول استفاده شد. به طور خلاصه جهت آماده سازی محلول پوشش، مقدار ۱ گرم پودر کربوکسی متیل سلولز به ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر استریل اضافه شد و جهت انحلال کامل به مدت ۳۰ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی همزده شد. سپس مقدار ۲۰ میلی لیتر ژل آلوئه ورا به آن اضافه و مجدداً به مدت ۱۰ دقیقه همزده شد. سپس توین ۸۰ و مقدار ۴ میلی لیتر از مخلوط اسانس گیاهان مرزه و آویشن به محلول به دست آمده اضافه و جهت حصول محلولی یکنواخت به مدت ۳۰ دقیقه با استفاده از همزن مغناطیسی همزده شد [۱۴].

۲-۵- اعمال پوشش خوراکی بر روی پسته تازه

جهت پوشش دهی، پسته های تازه درون پوشش خوراکی آماده شده در قسمت ۲-۳- غوطه ور شد سپس نمونه ها بر روی کاغذ صافی در زیر هود لامینار (لامپ UV و هواکش

جهت اندازه گیری کاهش وزن، پسته های تازه در ابتدا و انتهای مدت زمان مشخص انبارمانی توزین و میزان کاهش وزن با استفاده از رابطه ی ۱ اندازه گیری شد [۱۷].

(۱)

$$\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه} = \text{درصد کاهش وزن} \times 100$$

۲-۸-۲- اندازه گیری چربی

نمونه های پسته تازه پس از پوست گیری در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد با استفاده از آون خشک گردیدند. مغزپسته پس از جدا کردن پوست، آسیاب گردید. روغن گیری از پودر پسته با روش سوکسله و با استفاده از هگزان و در دمای ۶۹ درجه سانتیگراد انجام شد و درصد چربی بر اساس روش گراویمتری محاسبه گردید [۱۸].

۲-۸-۳- اندازه گیری درصد پروتئین

درصد نیتروژن نمونه ها با استفاده از دستگاه کج‌لدال بر اساس روش AOAC 2003 اندازه گیری شد و در نهایت درصد پروتئین از طریق فرمول ۲ مشخص گردید [۱۹].

(۲)

درصد ازت × فاکتور پروتئین = درصد پروتئین

۲-۹-۲- آنالیز آماری

در این پژوهش، نتایج آزمون ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با کاربرد تجزیه واریانس یکطرفه و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ ارزیابی شد. کلیه آزمون ها در ۳ تکرار و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن برای بررسی معنی دار بودن متغیر در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی خاصیت ضد قارچی اسانس های گیاهی

آویشن، مرزه و ژل آلوئه‌ورا

در حالت روشن قرار داشتند) به منظور خشک شدن کامل شدند به مدت دو ساعت قرار داده شدند.

۲-۶- آلوده سازی پسته تازه با استفاده از سوسپانسیون

قارچ:

در این مرحله دو گروه تیمار مورد بررسی قرار گرفتند: تیمار ۱: پسته فاقد پوشش خوراکی و آلوده شده با قارچ آسپرژیلوس فلاووس تیمار ۲: پسته دارای پوشش خوراکی و آلوده شده با قارچ آسپرژیلوس فلاووس. تیمارهای مورد نظر با استفاده از سوسپانسیون قارچی آماده شده مورد آلودگی قارچی قرار گرفتند. به اینصورت که سوسپانسیون قارچ با استفاده از اسپری بر روی پسته ها اعمال شد. سپس پسته ها درون پاکت های پلاستیک زیپ کیپ که سطح زیرین آنها با استفاده از کاغذ پوشیده شده بود قرار داده شد. پاکت های حاوی پسته درون کابینت های تمیز و دمای اتاق به مدت ۴ هفته نگهداری شد [۱۵].

۲-۷- بررسی میزان تولید آفلاتوکسین در نمونه های پسته:

جهت بررسی میزان آلودگی به آفلاتوکسین در نمونه های پسته دارای پوشش خوراکی و فاقد پوشش خوراکی و آلوده شده به قارچ آسپرژیلوس فلاووس، در سه مرحله به فواصل زمانی هر ۱۰ روز نمونه برداری انجام شد. به اینصورت که از هر نمونه به مقدار ۱۰ گرم مغز پسته از پوسته جدا شد و برای انجام آنالیز HPLC به آزمایشگاه ارسال گردید. در این بررسی آلودگی به آفلاتوکسین های نوع B₁ و B₂ مد نظر قرار گرفت. آنالیز HPLC بر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۶۸۷۲ با عنوان خوراک انسان و دام - اندازه گیری آفلاتوکسین گروه B به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و خالص سازی با ستون ایمونوآفینیته انجام شد [۱۶].

۲-۸- بررسی پوشش دهی بر ماندگاری پسته تازه طی

دوره نگهداری

۲-۸-۱- اندازه گیری میزان کاهش وزن

اسیدسالیسیلیک، دارای خاصیت ضد قارچی قابل توجهی است [۲۰]. در این راستا سیتارا و همکاران (۲۰۱۱) با ارزیابی اثر ضد قارچی ژل آلوه‌ورا گزارش کردند که غلظت ۰/۱۵ درصد از ژل آلوه‌ورا فعالیت ضد قارچی متوسطی در برابر قارچ‌های *آسپرژیلوس فلاووس* و *پنیسیلیوم دیجیتاتوم* و خاصیت ضد قارچی قابل توجهی در برابر قارچ *آلترناریا آلترناتا* از خود نشان داد [۲۱]. در مورد خاصیت ضد قارچی اسانس آویشن گزارش شده است که تیمول و کارواکرول موجود در آویشن شیرازی از غشای سلول میکروارگانیسم‌ها عبور کرده و با تخریب غشای سلولی، عمل آنزیم‌ها را مختل می‌کنند و در نهایت منجر به تاخیر در جوانه‌زنی اسپور قارچی می‌شوند [۲۲]. مشابه با این نتایج توکلی پور و همکاران (۱۳۹۵) نیز تاثیر بازدارندگی اسانس آویشن شیرازی بر رشد و توکسین‌زایی قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* را گزارش کردند [۲۳]. در تطابق با این یافته‌ها افشاری و همکاران (۱۳۹۲) با ارزیابی خاصیت ضد قارچی اسانس آویشن و مرزه علیه قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* بیان کردند که فعالیت ضد قارچی اسانس‌های مورد ارزیابی وابسته به غلظت بود و اسانس مرزه نسبت به آویشن از قابلیت بازدارندگی کمتری برخوردار بود [۲۴].

قطر هاله رشد قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* در جدول ۱ ذکر شده است. با توجه به نتایج فعالیت ضد قارچی اسانس‌های مرزه و آویشن وابسته به غلظت بود به‌طوری‌که با افزایش غلظت از ۲۰۰ به ۱۰۰۰ پی پی ام، به‌طور معنی داری مانع از رشد قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* شد ($p < 0.05$). در راستای این نتایج در مورد اسانس مرزه بیشترین (۲/۵۴ سانتی متر) و کمترین (۲/۱۶ سانتی متر) قطر رشد *میسیلیوم* به‌ترتیب مربوط به غلظت‌های اسانس ۲۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام بود. در مورد اسانس آویشن نیز کمترین (۱/۵۱ سانتی متر) و بیشترین (۲/۱۶ سانتی متر) میزان رشد *میسیلیوم* مربوط به به غلظت‌های اسانس ۱۰۰۰ و ۲۰۰ پی پی ام بود. مقایسه خاصیت ضد قارچی اسانس‌های مرزه و آویشن نشان داد که در غلظت‌های یکسان آویشن از خاصیت ضد قارچی بیشتری برخوردار بود چرا که در غلظت‌های یکسان قطر رشد *میسیلیوم* در نمونه‌های تیمار شده با آویشن به‌طور معنی داری کمتر از نمونه‌های تیمار شده با مرزه بود. در مورد ژل آلوه‌ورا نیز نتایج نشان داد که خاصیت ضد قارچی آن وابسته به غلظت بود اما افزایش غلظت بیشتر از ۲۰ درصد تفاوت معنی داری نداشت ($p > 0.05$). مطالعات نشان داده است که ژل آلوه‌ورا به واسطه داشتن ترکیبات ساپونین و

Table 1. The growth diameter of *A. flavus* under the effect of different concentrations of thyme, savory essential oil and aloe vera gel

Growth diameter zone	Aloe vera concentration (%)			Thyme essential oil concentration (ppm)					Savory essential oil concentration (ppm)				
	10	20	30	200	400	600	800	1000	200	400	600	800	1000
	2.06±0.12 ^a	1.55±0.21 ^b	1.55±0.11 ^b	2.16±0.12 ^a	1.89±0.25 ^b	1.77±0.15 ^c	1.63±0.17 ^c	1.51±0.13 ^d	2.54±0.14 ^a	2.48±0.13 ^a	2.3±0.11 ^b	2.21±0.16 ^b	2.16±0.12 ^c

*Different letter shows significant differences at $p < 0.05$

۲-۳- بررسی خاصیت سینرژیستی اسانس آویشن، مرزه و ژل آلوه‌ورا بر رشد قارچ *آسپرژیلوس فلاووس*
با توجه به نتایج بخش ۲-۲ غلظت اسانس مرزه و آویشن ۱۰۰۰ پی پی ام و غلظت ژل آلوه‌ورا ۲۰ درصد جهت بررسی خاصیت سینرژیستی آنها بر روی رشد *آسپرژیلوس*

فلاووس انتخاب شد. نتایج در جدول ۲ ذکر شده است. با توجه به نتایج در تمامی تیمارها قطر رشد *میسیلیوم* *آسپرژیلوس فلاووس* به‌طور معنی داری کمتر از نمونه کنترل (بدون هیچگونه اسانس یا ژل آلوه‌ورا) بود. که این یافته تائیدی بر خاصیت ضد قارچی اسانس آویشن، مرزه و ژل

آلوئه ورا می باشد. قطر رشد میسیلیوم آسپرژیلوس فلاووس در تیمار ۱۰۰۰ پی پی ام اسانس آویشن و مرزه ۱/۴ میلی متر بود در حالیکه در تیمارهای حاوی ۱۰۰۰ پی پی ام اسانس آویشن و یا ۱۰۰۰ پی پی ام اسانس مرزه ۲/۱۶ و ۱/۵۱ (میلی متر) بود که به طور معنی داری بیشتر از تیمار حاوی اسانس آویشن و مرزه به طور همزمان بود ($p < 0.05$). این نتایج تاییدی بر اثر سینرژیستی آویشن و مرزه می باشد. از طرف دیگر در مورد آلوئه ورا قطر رشد میسیلیوم تیمار حاوی ۲۰ درصد آلوئه ورا ۱/۵۵ میلی متر بود در حالیکه در تیمارهای حاوی ژل آلوئه ورا با اسانس آویشن یا مرزه قطر هاله رشد میسیلیوم بیشتر و به ترتیب به میزان ۲/۰۶ و ۲/۱۶ میلی متر بود. این مشاهده نشان می دهد که کاربرد همزمان ژل آلوئه ورا با اسانس آویشن و یا مرزه اثر سینرژیستی قابل توجهی نداشت. در مورد تیمار حاوی ۱۰۰۰ پی پی ام اسانس آویشن و مرزه و ۲۰ درصد ژل آلوئه ورا قطر رشد میسیلیوم آسپرژیلوس فلاووس ۱/۳۶ میلی متر بود که به طور معنی داری کمتر از قطر رشد تیمارهای حاوی هر یک از ترکیبات ذکر شده به تنهایی بود. این یافته حاکی از اثر سینرژیستی بسیار قابل توجه اسانس آویشن، مرزه و ژل آلوئه ورا می باشد که به طور معنی داری توانسته از رشد میسیلیوم آسپرژیلوس فلاووس جلوگیری کند ($p < 0.05$). به طور کلی اثر سینرژیستی اسانس ها و عصاره های گیاهی به عنوان یک استراتژی کارآمد برای جلوگیری از طیف وسیعی از میکروارگانیسم ها از جمله قارچ ها گزارش شده است. اسانس ها مخلوطی از ترکیبات

مختلفی هستند که معمولاً یک یا دو جزء این ترکیبات همچون (ترین های فنلی، فنیل پروپانویدها یا الکل ها) غالب هستند که عامل فعالیت ضد قارچی آنها هستند. با این وجود، اجزای کم مقدار (عمدتاً هیدروکربن ها) موجود در اسانس ها نیز از اهمیت خاصی برخوردار هستند چرا که فعالیت ضد قارچی اسانس ها را از طریق برهمکنش با ترکیبات عمده موجود در اسانس افزایش می دهند. بنابراین، فعالیت سینرژیستی بین اسانس هایی با خاصیت ضد قارچی قوی و ضعیف نیز مهم است چرا که می توانند به طور موثر فعالیت های بیولوژیکی اسانس های ضعیف تر را افزایش می دهد [۲۵]. به طور کلی گزارش شده است که افزایش فعالیت ضد قارچی اسانس های گیاهی در حالت استفاده همزمان (اثر سینرژیستی) به دلیل فعالیت همزمان دو جزء یا بیشتر از ترکیبات موجود در اسانس ها می باشد [۲۶]. در این راستا مطالعات مختلفی اثر سینرژیستی اسانس های گیاهی را ارزیابی کرده اند از جمله Hlebova و همکاران (۲۰۲۱) که گزارش کردند اسانس آویشن و علف لیمو اثر سینرژیستی قابل توجهی علیه قارچ آسپرژیلوس از خود نشان دادند [۲۷]. همچنین اثر سینرژیستی اسانس پونه کوهی و اسطوخودوس علیه قارچ های فوزاریوم و اثر سینرژیستی اسانس آویشن و پونه کوهی علیه قارچ آسپرژیلوس فلاووس گزارش شده است [۲۸].

Table 2. The synergistic effect of thyme, savory essential oil, and aloe vera gel on *A. flavus*

Treatments	Growth zone of (mm) <i>A. flavus</i>
Thyme essential oil (1000 ppm)	2.16±0.21 ^b
Savory essential oil (1000 ppm)	1.51±0.11 ^c
Aloe vera gel (20 %)	1.55±0.23 ^c
Thyme and Savory essential oil (1000 ppm)	1.4±0.11 ^d
Thyme essential oil (1000 ppm) and Aloe vera gel (20 %)	2.06±0.13 ^b
Savory essential oil (1000 ppm) and Aloe vera gel (20 %)	2.16±0.14 ^b

Thyme and Savory essential oil (1000 ppm) and Aloe vera gel (20 %)

1.36±0.12^d

control

3.23±0.11^a*Different letter shows significant differences at $p < 0.05$

کاهش وزن از میوه‌ها و سبزیجات تازه به دلایل مختلفی از جمله: وجود فشار بخار در مکان‌های مختلف و همچنین تنفس می‌باشد. تاثیر مثبت پوشش دهی بر جلوگیری از کاهش وزن به دلیل این است که پوشش‌ها به عنوان یک سد نیمه تراوا در برابر اکسیژن، دی اکسید کربن، رطوبت و حرکت ذرات حل شونده و در نتیجه کاهش تنفس، خروج رطوبت و اکسیداسیون است [۲۹]. مشابه با این نتایج احمدی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که پوشش دهی با ژل آلوه‌ورا پسته‌های تازه به طور معنی داری مانع از کاهش وزن نمونه‌ها طی دوره ۴۰ روزه نگهداری شد و بیشترین میزان افت وزن مربوط به نمونه شاهد (فاقد پوشش) بود [۳۰]. همچنین والورده و همکاران (۲۰۰۵) گزارش نمودند که کاربرد ماده پوششی آلوه‌ورا عمر انباری انگور و کیفیت خوراکی آن را در حین انبارداری و پس از آن افزایش داد در حالیکه نمونه‌ی شاهد تنفس و کاهش وزن بیشتری از خود نشان داد [۳۱].

۳-۳- اندازه گیری میزان کاهش وزن

کاهش وزن نمونه‌های پسته پوشش داده شده و کنترل (بدون پوشش) پس از ۳۰ روز نگهداری در شکل ۱ نشان داده شده است. به طور کلی میزان کاهش وزن در تمامی نمونه‌های پوشش دهی شده به طور معنی داری کمتر از نمونه کنترل (بدون پوشش دهی) بود؛ این یافته تاثیر مثبت پوشش دهی را بر جلوگیری از فقدان رطوبت و در نتیجه کاهش وزن نشان می‌دهد. با توجه به نتایج بیشترین میزان کاهش وزن (۵۴ درصد) مربوط به نمونه کنترل و کمترین میزان کاهش وزن (۲۰ درصد) مربوط به نمونه پوشش دهی شده با آلوه‌ورا و آویشن بود. به طور کلی گزارش شده است که کاهش وزن میوه‌های تازه طی دوره نگهداری به دلیل افزایش تنفس و خروج رطوبت از نمونه‌ها است که پوشش دهی با ایجاد یک لایه محافظتی مانع از خروج رطوبت می‌شود. به طور کلی در این راستا گزارش شده است که مکانیسم اصلی

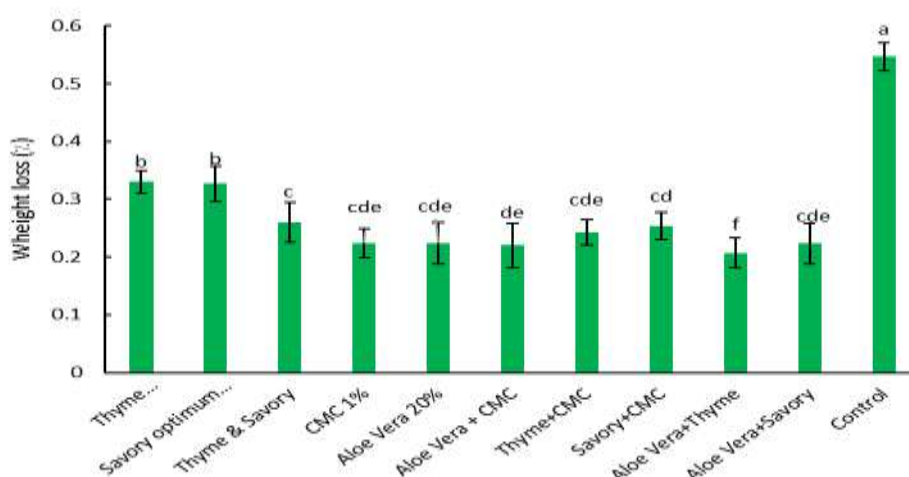


Figure 1- Weight loss of coated pistachio samples after 30 days of storage

میانگین میزان چربی نمونه‌ها در روز اول نگهداری ۵۹/۲ درصد بود، نتایج نشان داد که میزان چربی تمامی نمونه‌ها طی دوره نگهداری روند کاهشی داشته است. با توجه به

۳-۴- اندازه گیری چربی

میزان چربی نمونه‌های پسته پس از ۳۰ روز نگهداری در شکل ۲ نشان داده شده است. به طور کلی با توجه به اینکه

در این راستا مقصودلو و همکاران (۱۳۹۲) با پوشش دهی مغز پسته با استفاده از کیتوزان گزارش کردند که نمونه‌های پوشش دهی شده نسب به نمونه شاهد از اندیس پراکسید کمتری برخوردار بودند. آنها گزارش کردند که پوشش دهی با ایجاد یک لایه محافظ مانع از نفوذ رطوبت، اکسیژن و پراکسیدان‌ها به درون پسته شده و در نتیجه از اکسیداسیون جلوگیری می‌کند [۱]. تاثیر مثبت پوشش دهی با ژل آلوه‌ورا بر جلوگیری از اکسیداسیون و کاهش میزان چربی نمونه‌ها توسط احمدی و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش شده است. آنها بیان کردند که پوشش دهی پسته با استفاده از ژل آلوه‌ورا در غلظت‌های ۲۵ و ۳۳ درصد به‌طور معنی‌داری مانع از افت چربی نمونه‌ها طی دوره نگهداری ۴۰ روز در دمای یخچال شد اما پوشش دهی با ژل آلوه‌ورا در غلظت ۵۰ درصد تاثیر منفی داشت [۳۰]. همچنین Babapour و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی تاثیر پوشش دهی بر پایه نشاسته سیب زمینی حاوی نانو ذرات اکسید روی و رازیانه بر میزان آفلاتوکسین نمونه‌های پسته طی ۱۵ روز نگهداری در دمای یخچال گزارش کردند که پوشش دهی به‌طور معنی‌داری مانع از کاهش میزان چربی نمونه‌ها شد [۳۲].

نتایج میزان چربی تیمار شاهد (بدون پوشش دهی) به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر نمونه‌های پوشش دهی شده بود ($p < 0.05$). بیشترین (۵۵/۷۱ درصد) و کمترین (۴۸/۷۶ درصد) میزان چربی نمونه‌ها به‌ترتیب مربوط به نمونه پوشش دهی شده با آویشن+CMC و نمونه شاهد بود. پس از نمونه‌های پوشش دهی شده با آویشن+CMC، پوشش دهی نمونه‌ها با ترکیب آلوه‌ورا و آویشن، آلوه‌ورا و CMC و یا مرزه و CMC نیز به‌طور مناسبی باعث کاهش میزان افت چربی نمونه‌ها شد. این نتایج نشان از اثر سینرژیستی ترکیب آویشن با CMC و یا آلوه‌ورا و همچنین ترکیب آلوه‌ورا با CMC و یا آویشن بر جلوگیری از تنفس و اکسیداسیون نمونه‌های پسته طی دوره نگهداری دارد. در این راستا گزارش شده است که کاهش میزان چربی نمونه‌های پسته طی دوره نگهداری می‌تواند به‌دلیل تخمیر و تنفس غیرهوازی نمونه‌ها باشد چرا که در این راستا گزارش شده است طی فرآیند تنفس در پسته‌های تازه، ترکیبات ذخیره‌ای موجود در پسته همچون چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها مصرف می‌شوند. استفاده از پوشش دهی مناسب با ایجاد مانعی بر روی سطح پسته می‌تواند از نفوذ اکسیژن و اکسیداسیون جلوگیری کند و یا آن را به تاخیر اندازد که در نتیجه از کاهش میزان چربی طی دوره نگهداری جلوگیری کند [۳۰].

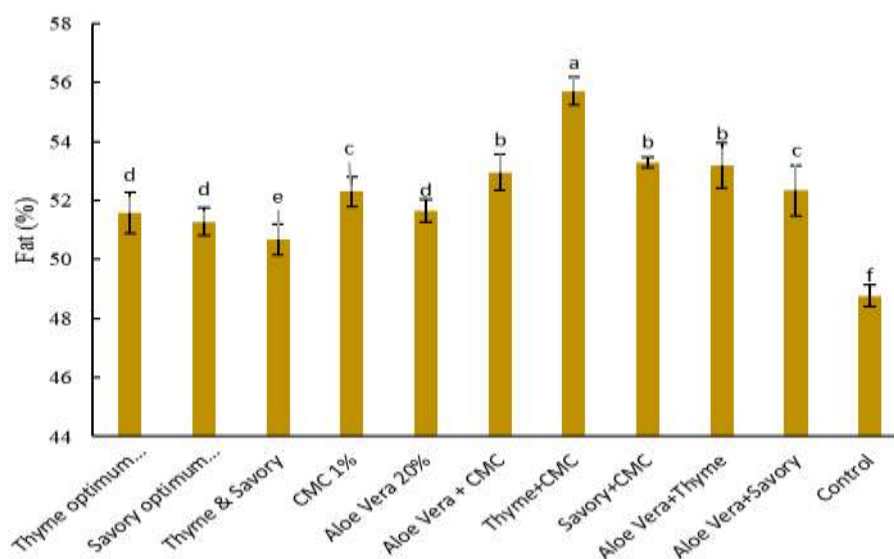


Figure 2- Fat content of coated pistachio samples after 30 days of storage

۳-۵- اندازه گیری درصد پروتئین

میزان پروتئین نمونه‌های پسته پس از ۳۰ روز نگهداری در شکل ۳ نشان داده شده است. به‌طور کلی با توجه به اینکه میانگین میزان پروتئین نمونه‌ها در روز اول نگهداری ۲۳/۳۵ درصد بود، نتایج نشان داد که میزان پروتئین تمامی نمونه‌ها طی دوره نگهداری روند کاهشی داشته است. با توجه به نتایج در پایان دوره نگهداری میزان پروتئین تیمار شاهد (بدون پوشش دهی) به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر نمونه‌های پوشش دهی شده بود ($p < 0.05$). به‌طور کلی بیشترین (۲۲/۸۵ درصد) و کمترین (۱۹/۸۹ درصد) میزان پروتئین نمونه‌ها به‌ترتیب مربوط به نمونه پوشش دهی شده با آلوه ورا+CMC و نمونه شاهد بود. قابل ذکر است که پوشش دهی نمونه‌های پسته با آلوه ورا و آویشن و یا مرزه و همچنین پوشش دهی با CMC و آویشن و مرزه و یا پوشش دهی با آلوه ورا و یا CMC به تنهایی نیز به طور قابل

ملاحظه‌ای باعث ممانعت از کاهش میزان پروتئین نمونه‌ها طی دوره نگهداری شد. اما همانطور که پیشتر ذکر شد بیشترین میزان اثر محافظتی مربوط به نمونه پوشش دهی شده با آلوه ورا+CMC بود. این نتایج نشان از تاثیر مثبت پوشش دهی مناسب بر جلوگیری از افت کیفیت نمونه‌های پسته طی دوره نگهداری در اثر تنفس و یا اکسیداسیون می‌باشد که به‌طور قابل ملاحظه‌ای باعث حفظ فاکتورهای تغذیه‌ای همچون پروتئین شده است [۳۲]. مشابه با این نتایج Taghipour و همکاران (۲۰۲۴) با بررسی تاثیر پوشش نانوکامپوزیت اکسید روی و کیتوزان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پسته تازه طی ۷۵ روز نگهداری از تاثیر مثبت پوشش دهی بر جلوگیری از کاهش میزان پروتئین گزارش دادند در حالیکه میزان پروتئین نمونه‌ی شاهد (بدون پوشش) کاهش یافت [۳۳].

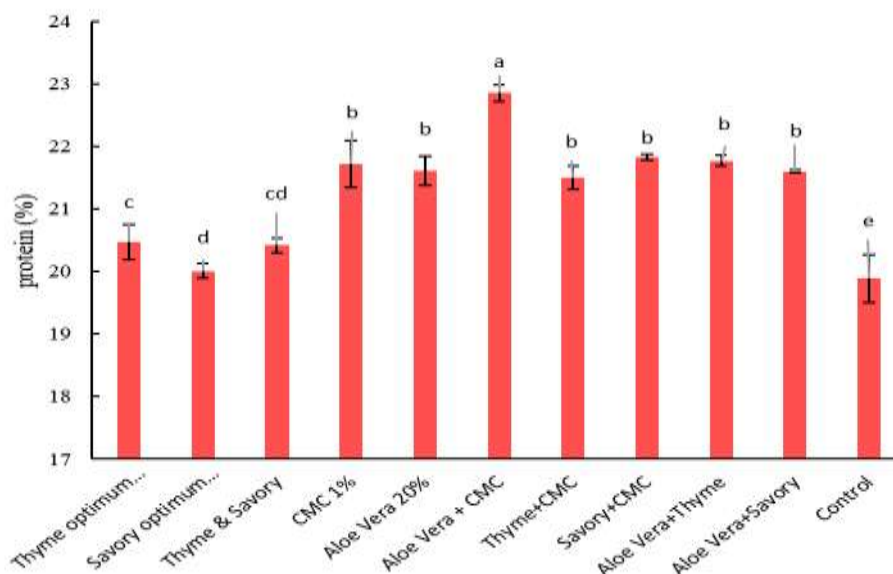


Figure 3- Protein content of coated pistachio samples after 30 days of storage

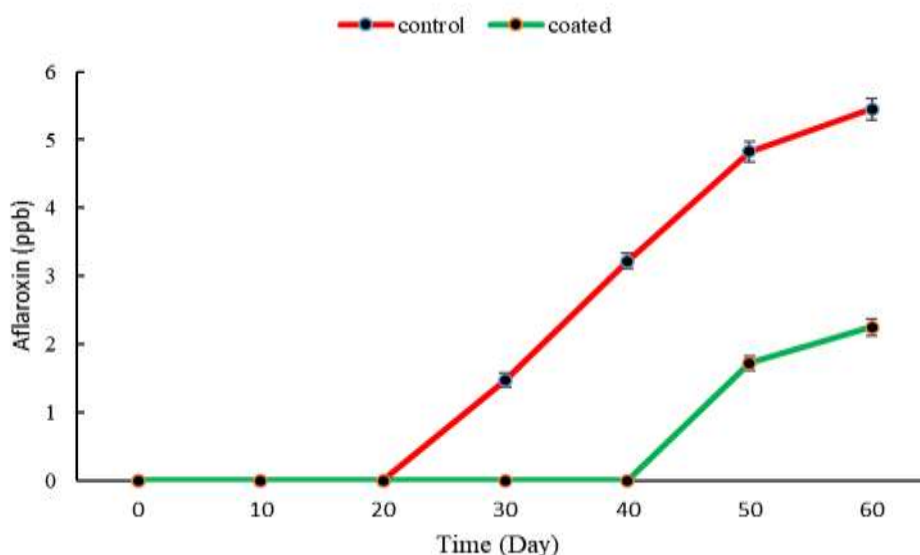
B1 در نمونه پوشش دهی نشده تا ۲۰ روز نگهداری هیچ گونه آلودگی به آفلاتوکسین شناسایی نشد. سپس در روز ۳۰ نگهداری آفلاتوکسین در نمونه‌ها به میزان ۱/۴۷ ppb شناسایی شد که این میزان تا انتهای دوره نگهداری روند افزایشی داشت و به ۵/۴۵ ppb رسید. در مورد نمونه پوشش

۳-۶- بررسی میزان تولید آفلاتوکسین در نمونه‌های پسته: میزان آفلاتوکسین B1 و آفلاتوکسین B2 نمونه‌های پسته پوشش دهی نشده (کنترل) و پوشش دهی شده طی دوره ۶۰ روز نگهداری به‌ترتیب در شکل ۴ قسمت الف و ب نشان داده شده است. با توجه به نتایج در مورد تولید آفلاتوکسین

نمونه‌ها باشد [۳۴]. از طرف دیگر تاثیر ضد قارچی پوشش اعمال شده به دلیل دارا بودن آویشن، مرزه و آلوه‌ورا نیز دلیل دیگری بر جلوگیری و تاخیر آلودگی به آفلاتوکسین می باشد. به عبارت دیگر ترکیبات ضد قارچی موجود در پوشش اعمال شده مانع از رشد و تولید آفلاتوکسین توسط قارچ آسپرژیلوس شده‌اند که در نتیجه از تولید آفلاتوکسین B₁ و B₂ در نمونه‌ها تا روز ۴۰ نگهداری جلوگیری شده است [۳۵]. مشابه با این نتایج Moslehi و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که پوشش دهی پسته با متیل سلولز تا غلظت ۰/۱ درصد به طور معنی داری باعث جلوگیری از آلودگی نمونه‌ها به آفلاتوکسین B₁ و B₂ طی دوره ۴ ماهه نگهداری شد [۳۶]. همچنین Taghipour و همکاران (۲۰۲۴) با بررسی تاثیر پوشش نانوکامپوزیت اکسید روی و کیتوزان بر تولید آفلاتوکسین توسط قارچ آسپرژیلوس گزارش کردند که پوشش دهی به طور معنی داری مانع از آلودگی به آفلاتوکسین پسته‌های اکبری و احمد آقایی تا روز ۲۵ نگهداری شد [۳۳].

دهی شده با آلوه‌ورا، CMC، آویشن و مرزه تا روز ۴۰ نگهداری هیچگونه آلودگی شناسایی نشد اما پس از آن میزان آفلاتوکسین افزایش یافت و در پایان روز نگهداری به ۲/۲۵ رسید. در مورد آفلاتوکسین B₂ در نمونه کنترل تا روز ۳۰ و نمونه پوشش دهی شده تا روز ۴۰ هیچگونه آلودگی شناسایی نشد اما با افزایش زمان نگهداری آلودگی به آفلاتوکسین B₂ شناسایی شد که در پایان دوره نگهداری در نمونه کنترل به ۳/۲۴ ppb و در نمونه پوشش دهی شده به ۲/۱۲ ppb رسید. به طور کلی این نتایج نشان از تاثیر مثبت پوشش دهی پسته با آلوه‌ورا، CMC، آویشن و مرزه در کنترل رشد قارچ اسپرژیلوس فلاووس و در نتیجه میزان تولید آفلاتوکسین B₁ و B₂ دارد. در این راستا گزارش شده است که رطوبت و دما دو عامل مهم در رشد قارچ اسپرژیلوس و در نتیجه تولید آفلاتوکسین می باشند؛ در این پژوهش دمای نگهداری نمونه‌ها ثابت بوده است اما جلوگیری از تولید آفلاتوکسین می تواند به دلیل تاثیر مثبت پوشش دهی در انتقال رطوبت بین اتمسفر نگهداری و

(A)



(B)

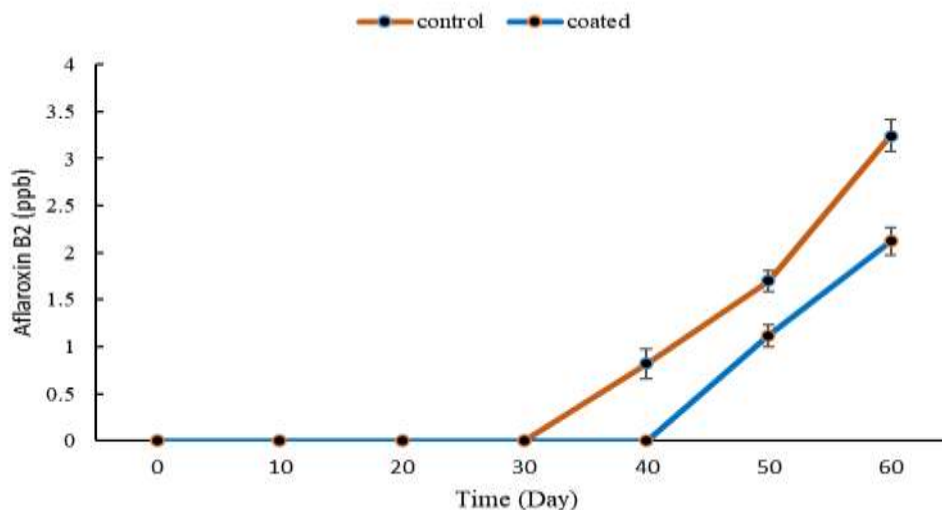


Figure 4- A: Aflatoxin B1 and B: Aflatoxin B2 content of control (uncoated) and coated pistachio samples during 60 days of storage

با جلوگیری از افت وزن و حفظ محتوای چربی و پروتئین نمونه‌ها شد. پوشش دهی نمونه‌های پسته با کربوکسی متیل سلولز ۱٪ و ژل آلوه ورا ۲۰٪ حاوی اسانس آویشن و مرزه در غلظت ۱۰۰۰ ppm به طور معنی داری مانع از آلودگی نمونه‌ها به آفلاتوکسین B₁ و B₂ تا روز ۴۰ نگهداری شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پوشش خوراکی مورد بررسی در این پژوهش راهکاری مفید جهت حفظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی و تغذیه‌ای پسته و جلوگیری از آلودگی آن به قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* می‌باشد. در نتیجه از پوشش فوق می‌توان جهت پوشش دهی نمونه‌های پسته برای صادرات استفاده نمود که راهکاری ارزشمند جهت حفظ کیفیت محصول و جلوگیری از ضرر اقتصادی تولیدکنندگان و صادر کنندگان پسته می‌باشد. از سوی دیگر استفاده از پوشش‌های خوراکی زیست تخریب پذیر در نگهداری مواد غذایی، گامی ارزشمند در جهت حفاظت از محیط زیست به دلیل کاهش استفاده از پوشش‌های پلاستیکی آلوده کننده محیط زیست می‌باشد.

۵-منابع

[1] Maghsoudlou, Y., Maghsoudlo, A., Khomeiri, M., & Ghorbani, M. (2013). Evaluation of anti-fungal and anti-oxidant properties of chitosan and its effect on the moisture absorption and organoleptic characteristics

۴-نتیجه گیری کلی

رشد و توسعه قارچ‌ها مانند *آسپرژیلوس فلاووس* بر روی پسته علاوه بر خطراتی که در ایجاد بیماری‌های خطرناک برای انسان دارد باعث کاهش عمر ماندگاری و در نتیجه ضررهای اقتصادی سنگین به تولیدکنندگان می‌گردد. در این راستا مطالعات نشان داده است که استفاده از پوشش‌های خوراکی راهکاری بسیار مفید جهت ممانعت از آلودگی قارچی پسته و همچنین کاهش آلودگی محیط زیست می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اسانس‌های آویشن و مرزه و همچنین ژل آلوه‌ورا از اثر ضد قارچی قابل توجهی علیه *آسپرژیلوس فلاووس* برخوردارند. بررسی تاثیر سینرژیستی ترکیبات نشان داد که اسانس آویشن و اسانس مرزه و اسانس آویشن و مرزه و ژل آلوه ورا دارای اثر سینرژیستی بودند و توانستند به طور معنی‌داری از رشد قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* جلوگیری کنند. به طور کلی پوشش دهی نمونه‌های پسته باعث افزایش عمر ماندگاری آنها

of pistachio nuts. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 11(1), 31–43

[2] Dhakal, A., & Sbar, E. (2022). Aflatoxin Toxicity. *StatPearls*.

[3] Tai, B., Chang, J., Liu, Y., & Xing, F. (2020). Recent progress of the effect of environmental factors

- on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxins production on foods. *Food Quality and Safety*, 4(1), 21-28.
- [4] Panahirad, S., Dadpour, M., Peighambardoust, S. H., Soltanzadeh, M., Gullón, B., Alirezalu, K., & Lorenzo, J. M. (2021). Applications of carboxymethyl cellulose-and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 663-673.
- [5] Vieira, J. M., Flores-López, M. L., de Rodríguez, D. J., Sousa, M. C., Vicente, A. A., & Martins, J. T. (2016). Effect of chitosan-Aloe vera coating on postharvest quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 116, 88-97.
- [6] Marín, S., Ramos, A. J., & Sanchis, V. (2012). Modelling *Aspergillus flavus* growth and aflatoxins production in pistachio nuts. *Food microbiology*, 32(2), 378-388.
- [7] Rahmani Samani, M., D'Urso, G., Nazzaro, F., Fratianni, F., Masullo, M., & Piacente, S. (2023). Phytochemical Investigation and Biofilm-Inhibitory Activity of Bachtari Savory (*Satureja bachtiarica* Bunge) Aerial Parts. *Plants*, 13(1), 67.
- [8] Silva, A. S., Tewari, D., Sureda, A., Suntar, I., Belwal, T., Battino, M., ... & Nabavi, S. F. (2021). The evidence of health benefits and food applications of *Thymus vulgaris* L. *Trends in Food Science & Technology*, 117, 218-227.
- [9] Salehi-Fathabadi Z, Maghsoudlou Y, Akhavan H, Moayedi A, Khorasani S. (2019). The assessment of the effect of Aloe vera gel coating containing salicylic acid and thyme extract on the shelf life of fresh pistachios during storage. *Food science and technology*, 16 (86) :297-312
- [10] Sayanjali, S., Ghanbarzadeh, B., & Ghiassifar, S. (2011). Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic *Aspergillus* species in fresh pistachios. *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 1133-1138.
- [11] Hashemi, M., Dastjerdi, A. M., Shakerardekani, A., & Mirdehghan, S. H. (2021). Effect of alginate coating enriched with Shirazi thyme essential oil on quality of the fresh pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 58, 34-43.
- [12] Bafanadeh Zende, M., Razavilar, V., Mirzaei, H., & Mohammadi, K. (2020). Effect of essential oil of *Mentha spicata* on the survival of the *Escherichia coli* O157: H7 during ripening of traditional Lighvan cheese. *Journal of Food Microbiology*, 7(2), 44-54.
- [13] Cheraghali, A. M., Yazdanpanah, H., Doraki, N., Abouhossain, G., Hassibi, M., Ali-Abadi, S., ... & Zamanian, F. (2007). Incidence of aflatoxins in Iran pistachio nuts. *Food and Chemical Toxicology*, 45(5), 812-816.
- [14] Sayanjali, S., Ghanbarzadeh, B., & Ghiassifar, S. (2011). Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic *Aspergillus* species in fresh pistachios. *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 1133-1138.
- [15] Zhang, B., Wang, D. F., Li, H. Y., Xu, Y., & Zhang, L. (2009). Preparation and properties of chitosan-soybean trypsin inhibitor blend film with anti-*Aspergillus flavus* activity. *Industrial crops and products*, 29(2-3), 541-548.
- [16] Afshari, H., TALAEI, A. R., MOHAMMADI, M. M., & Panahi, B. (2009). Differences of elements in early splitting of pistachio nuts and the effect of phenolic compounds and gallic acid on rate.
- [17] Javanmard, M. (2008). Shelf life of whey protein-coated pistachio kernel (*Pistacia vera* L.). *Journal of food process engineering*, 31(2), 247-259.
- [18] Givianrad, M. H., Saber-Tehrani, M., & Mohammadi, S. J. (2013). Chemical composition of oils from wild almond (*Prunus scoparia*) and wild pistachio (*Pistacia atlantica*). *Grasas y aceites*, 64(1), 77-84.
- [19] AOAC. (2003). Official Methods of the AOAC. 17th Ed. Methods 920.39, 942.05, 990.03. The Association of Official Analytical Chemists: Gaithersburg, MD
- [20] Choi, S., & Chung, M. H. (2003, March). A review on the relationship between Aloe vera components and their biologic effects. In *Seminars in integrative medicine* (Vol. 1, No. 1, pp. 53-62). WB Saunders.
- [21] Sitara, U., Hassan, N., & Naseem, J. (2011). Antifungal activity of Aloe vera gel against plant pathogenic fungi. *Pakistan Journal of Botany*, 43(4), 2231-2233.
- [22] Khorasani, S., Azizi, M. H., Barzegar, M., Hamidi-Esfahani, Z., & Kalbasi-Ashtari, A. (2017). Inhibitory effects of cinnamon, clove and celak extracts on growth of *Aspergillus flavus* and its aflatoxins after spraying on pistachio nuts before cold storage. *Journal of Food Safety*, 37(4), e12383.
- [23] Tavakolipour, H., Zirjani, L., Javanmard, M. (2018). Comparison of the effect of sage extract and

cumin in preventing *Aspergillus flavus* toxin production in pistachio nuts. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 10(2), 37-45.

[24] Afshari, H., Ziveai, F., Bagheri, G., Afshari, M., & Zadehbagheri, M. (2013). Study the antifungal effects of plant medicinal essences on growth of *Aspergillus Flavus* and Aflatoxin B1 in Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of zabol university of medical sciences and health services*, 5 (3), 16-23.

[25] Bhattacharya, R., Rolta, R., Dev, K., & Sourirajan, A. (2021). Synergistic potential of essential oils with antibiotics to combat fungal pathogens: Present status and future perspectives. *Phytotherapy research*, 35(11), 6089-6100.

[26] Goñi, P., López, P., Sánchez, C., Gómez-Lus, R., Becerril, R., & Nerín, C. (2009). Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils. *Food chemistry*, 116(4), 982-989.

[27] Hlebová, M., Hleba, L., Medo, J., Kováčik, A., Čuboň, J., Ivana, C., ... & Klouček, P. (2021). Antifungal and synergistic activities of some selected essential oils on the growth of significant indoor fungi of the genus *Aspergillus*. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 56(12), 1335-1346.

[28] Stević, T., Berić, T., Šavikin, K., Soković, M., Godevac, D., Dimkić, I., & Stanković, S. (2014). Antifungal activity of selected essential oils against fungi isolated from medicinal plant. *Industrial Crops and Products*, 55, 116-122.

[29] Al-Juhaimi, F., Ghafoor, K. A. S. H. I. F., & Babiker, E. E. (2012). Effect of gum arabic edible coating on weight loss, firmness and sensory characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit during storage. *Pak. J. Bot*, 44(4), 1439-1444.

[30] Ahmadi, Z., mirdehghan, H., Hokmabadi, H., & Shamshiri, M. H. (2014). Nano Packaging and Edible Coating Used for Improvement of Shelf Life and Quality of Individual Fresh Pistachio Nuts. *Journal Of Horticultural Science*, 27(4), 367-374.

[31] Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., & Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(20), 7807-7813.

[32] Babapour, H., Jalali, H., Nafchi, A. M., & Jokar, M. (2022). Effects of active packaging based on potato starch/nano zinc oxide/fennel (*Foeniculum vulgare* miller) essential oil on fresh pistachio during cold storage. *Journal of Nuts*, 13(2), 105-123.

[33] Taghipour, S., Nia, A. E., Hokmabadi, H., & Martínez-Gómez, P. (2024). Physicochemical and quality characters of fresh pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars in response to chitosan/ZnO nanocomposite coating. *Food Chemistry*, 435, 137136.

[34] Tavakolipour, H., Kalbasi-Ashtari, A., & Mokhtarian, M. (2020). Effects of coating pistachio kernels with mixtures of whey protein and selected herbal plant extracts on growth inhibition of *Aspergillus flavus* and prevention of aflatoxin during storage. *Journal of Food Safety*, 40(1), e12711.

[35] Esper, R. H., Goncalez, E., Marques, M. O., Felicio, R. C., & Felicio, J. D. (2014). Potential of essential oils for protection of grains contaminated by aflatoxin produced by *Aspergillus flavus*. *Frontiers in microbiology*, 5, 269.

[36] Moslehi, Z., Mohammadi Nafchi, A., Moslehi, M., & Jafarzadeh, S. (2021). Aflatoxin, microbial contamination, sensory attributes, and morphological analysis of pistachio nut coated with methylcellulose. *Food Science & Nutrition*, 9(5), 2576-2584.



Scientific Research

Inhibition the growth of *Aspergillus flavus* in fresh pistachios by edible coating based on carboxymethyl cellulose/aloe vera gel containing thyme and savory essential oils

Somayeh Mohammadi Pirani¹, Shima Alaei^{2*}, Lia Shooshtari²

1-Food Science and Technology Department, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

2- Plant Biotechnology Research Center, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/08/26 Accepted:2024/12/30	Iran is one of the largest exporters of pistachios in the world. Pistachios are one of the valuable export products that are very susceptible to <i>Aspergillus flavus</i> contamination. In this regard, studies revealed that edible coatings are highly effective in preventing pistachio fungal contamination, aflatoxin production and thus increasing its shelf life. This study aimed to investigate the effect of edible coating based on carboxymethyl cellulose and aloe vera containing savory (<i>Satureja hortensis</i>) and Shirazi thyme (<i>Zataria multiflora</i>) essential oil on the production of aflatoxin by <i>Aspergillus flavus</i>, weight loss, fat and protein content of the samples during the storage period. Also, the antifungal properties of different concentrations of savory essential oil, thyme, and aloe vera and their synergistic effect on <i>Aspergillus flavus</i> were investigated. The results showed that savory and thyme essential oils at a concentration of 1000 ppm and aloe vera gel at a concentration of 20% significantly inhibited the growth of <i>Aspergillus flavus</i>. The highest prevention of weight loss, reduction of fat content, and reduction of the protein content of the samples during 30 days of storage were observed by coating with aloe vera and thyme, coating with carboxymethyl cellulose and thyme, and coating with aloe vera and carboxymethyl cellulose, respectively. Coating the samples using 1% carboxymethyl cellulose and 20% aloe vera gel containing the essential oil of savory and thyme with a concentration of 1000 ppm significantly prevented the contamination of samples with aflatoxins B₁ and B₂ until the 40th day of storage (p<0.05). As a result, using edible coating based on carboxymethyl cellulose and aloe vera containing savory essential oil and thyme is a suitable solution to increase the shelf life of pistachio and prevent its fungal contamination and aflatoxin production.
Keywords: aloe vera, thyme, edible coating, pistachio, savory.	
DOI: 10.48311/fsct.2026.83867.0 *Corresponding Author E- edalatian@um.ac.ir.	