



بررسی تاثیر پوشش نانوامولسیون اسانس آویشن شیرازی در صمغ کتیرا و اعمال امواج UV-c بر ویژگی های کیفی ماش جوانه زده

لیلا افتخاری^۱، هاجر عباسی^{۱*}، مهشید جهادی^۱

۱- گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۲

کلمات کلیدی:

ماش جوانه زده،

اسانس آویشن،

صمغ کتیرا،

امواج UV-c،

نانوامولسیون.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.04

* مسئول مکاتبات:

H.Abbasi@Khuisf.ac.ir

ماش جوانه زده محصولی غنی از پروتئین های مختلف، ویتامین ها، املاح، اسیدهای چرب ضروری، قندها، آمینواسیدها، فلاونوئیدها، استرولها، اسیدهای آلی می باشد. با توجه به ارزش تغذیه ای بالا و عمر نگهداری محدود ماش جوانه زده، بررسی راهکارهای موثر جهت افزایش عمر نگهداری آن اهمیت دارد. در این پژوهش، از پوشش نانوامولسیون حاوی اسانس آویشن (۱۲۵ppm) در صمغ کتیرا (۰-۰/۲ درصد) به همراه اعمال امواج UV-c (۴۰-۰ ثانیه) در قالب طرح آماری سطح پاسخ- طرح مرکب مرکزی (α=۱.۵)، شامل ۲۰ تیمار و ۶ تکرار در نقطه مرکزی در راستای بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماش جوانه زده استفاده گردید. مطابق در نقطه مرکزی تعریف گردید. ویژگی های فیزیکوشیمیایی نمونه های تیمار شده از جمله افت وزن، pH، فنول کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی، آسکوربیک اسید و سفیدی بافت پس از ۱۲ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد ارزیابی گردید. نتایج نشان داد، با افزایش غلظت اسانس آویشن محتوی فنولیک کل افزایش و سفیدی کاهش یافت. همچنین افزایش غلظت کتیرا منجر به افزایش فنولیک کل، کاهش آسکوربیک اسید و سفیدی بافت گردید. افزایش مدت زمان اشعه ماوراءبنفس باعث کاهش فنولیک کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی، آسکوربیک اسید و سفیدی بافت شد. بهینه سازی فرمولاسیون با هدف حفظ بالاترین محتوی فنولیک کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی، آسکوربیک اسید و سفیدی بافت محصول بر مبنی مدل های حاصل صورت گرفت. سطوح بهینه متغیرها شامل ۱۰۴/۱۷ ppm اسانس آویشن، ۰/۰۳ درصد کتیرا و ۶/۶۷ ثانیه UV-c در نظر گرفته شد. مقایسه ویژگی های کیفی نمونه شاهد و بهینه نشان داد، نمونه بهینه محتوی ترکیبات فنولیک، ظرفیت آنتی اکسیدانی، آسکوربیک اسید بالاتر و میزان افت وزن، pH پایین تری در مقایسه با نمونه شاهد دارد.

۱- مقدمه

حبوبات منابع مناسبی از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، فیبرهای رژیمی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و ترکیبات فنولیک از جمله اسیدهای فنولیک، فلاونوئیدها و لیگنین محسوب می‌شوند که اثرات مثبتی بر سلامتی انسان دارند [۱]. جوانه‌زنی روشی اقتصادی و موثر در بهبود ارزش تغذیه‌ای و کاهش عناصر ضدتغذیه‌ای آن‌ها به شمار می‌رود. در طی این فرایند پروتئین‌ها و نشاسته به آمینواسیدهای آزاد و کربوهیدرات‌های ساده تبدیل و قابلیت هضم آن‌ها افزایش می‌یابد. همچنین افزایش محتوی در دسترس ویتامین‌ها و ترکیبات ثانویه‌ای نظیر آنتی‌اکسیدان‌ها فراهم می‌شود [۲, ۳]. ماش جوانه زده محصولی غنی از پروتئین‌های مختلف، اسیدهای چرب ضروری، قندها، آمینواسیدها، فلاونوئیدها، استرول‌ها، اسیدهای آلی، آمین‌ها و منبع مناسبی از ویتامین‌های A, B, C, E، کلسیم، آهن، فسفر و پتاسیم است. این محصول بدلیل داشتن فعالیت آبی بالا و pH مطلوب، محیط مناسبی را برای رشد باکتری‌های مزوفیل هوازی، کپک‌ها و مخمرها فراهم می‌کنند و قابلیت نگهداری ضعیف و عمر مفید بسیار کوتاهی دارد [۴]. بررسی منابع نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات محدودی به منظور کنترل و کاهش آلودگی میکروبی و افزایش عمر ماندگاری دانه‌های جوانه‌زده از جمله ماش صورت گرفته است [۵, ۶, ۷]. بررسی تاثیر ضد میکروبی امواج اولتراسونیک، کلرین دی اکسید و ترکیب آنها بر زنده‌مانی اشرشیاکلاسی و سالمونلا انتریتیدیس تلقیح شده بر جوانه‌های یونجه و ماش نشان داد که اعمال هر دو تیمار موجب کاهش جمعیت سالمونلا انتریتیدیس و اشرشیاکلاسی و ترکیب آن‌ها منجر به غیرفعال‌سازی کامل هر دو باکتری می‌گردد [۸]. تاثیر فرایند پلاسمای سرد بر کیفیت میکروبی و خواص فیزیکوشیمیایی جوانه ماش نشان موجب کاهش معنی‌دار جمعیت باکتری‌های هوازی و کپک مخمرها گردید [۹]. بسته‌بندی تحت خلاء در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز منجر به مهار آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز و کاهش فعالیت آنزیم‌های سلولاز، زایلاناز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و کاهش سرعت فرایندهای قهوه‌ای شدن، کاهش افت وزن، حفظ استحکام بافت، کاهش شمارش کلی میکروبی جوانه ماش گردید [۱۰]. اعمال

آسکوربیک اسید بر جوانه ماش در طول زمان نگهداری، کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز و افزایش محتوی فنولیک در جوانه ماش را منجر شد [۱۱]. استفاده از پوشش‌های خوراکی راهکار مناسبی به‌منظور بهبود امکان نگهداری محصولات کشاورزی و مواد غذایی به‌شمار می‌روند. این ترکیبات که به صورت لایه نازک بر سطح مواد غذایی قرار می‌گیرند نقش مهمی در کاهش مهاجرت رطوبت، تبادل گاز، تاخیر در تغییرات ساختاری و حفاظت از ترکیبات فرار، بافت و رنگ در بسیاری از محصولات غذایی ایفا می‌کند. ترکیبات متعددی از جمله پلی‌ساکاریدها (کیتوزان، نشاسته، سلولز، پکتین، آلژینات)، پروتئین‌ها (گلوتن، آب پنیر، زئین) و چربی‌ها (موم و اسیدهای چرب) به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۲]. اسانس‌های گیاهی به‌دلیل دارا بودن فعالیت آنتی‌میکروبی مناسب در برابر باکتری‌های عامل فساد و پاتوژن‌ها می‌توانند به عنوان جایگزین مواد نگهدارنده شیمیایی مرسوم در بهبود عملکرد پوشش‌های خوراکی مورد استفاده قرار گیرند [۱۳]. در این راستا، نصیری و همکاران ۲۰۱۷، تاثیر پوشش بر پایه صمغ کتیرا حاوی اسانس آویشن برافزایش عمر ماندگاری قارچ دکمه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، استفاده از این پوشش طی مدت زمان نگهداری موجب حفظ سفتی و استحکام بافت، کاهش شاخص قهوه‌ای شدن، افزایش محتوی ترکیبات فنولیک و آسکوربیک اسید، کاهش شمارش میکرواورگانیزم‌ها از جمله کپک مخمر و سودوموناس در در مقایسه با نمونه پوشش داده نشده شده است [۱۴]. در پژوهشی که توسط مجبی و همکاران ۲۰۱۲ انجام گرفت، تاثیر پوشش بر پایه آلونورا و صمغ کتیرا بر ویژگی‌های کیفی قارچ دکمه‌ای، موجبات کاهش افت وزن، رنگ، سفتی بافت و محتوی قند کل در نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به کنترل فراهم آورد [۱۵]. همچنین نتایج تحقیقات محمدی و همکاران ۲۰۱۵ نشان داد، استفاده از پوشش نانوکیتوزان حاوی اسانس آویشن بر خیار منجر به حفظ رنگ و ظاهر، کاهش پوسیدگی، افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش شمارش باکتری‌های هوازی مزوفیل و کپک مخمر گردید [۱۶]. پرتودهی روشی موثر در کاهش جمعیت میکرواورگانیزم‌ها، بهبود ایمنی و افزایش عمر ماندگاری مواد غذایی است [۱۷]. اشعه فرابنفش جزء پرتوهای غیریون‌ساز بوده که با حمله به

۲- مواد و روش ها

۱-۱- مواد اولیه

بذر ماش (*Vigna Radiata*)، صمغ کتیرا (*Tragacanth Gum*) و گیاه آویشن شیرازی (*Zataria Multiflora*) از بازار گیاهان دارویی و کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از شرکت سیگما آمریکا و مرک آلمان خریداری گردید.

۲-۲- استخراج اسانس آویشن

ابتدا گیاه خشک آویشن توسط آسیاب برقی خرد و سپس توسط دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت عمل استخراج اسانس در مجاورت آب انجام گردید. اسانس حاصل در ظرف دربدار تیره رنگ در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد [۲۳].

۲-۳- فرایند جوانه زنی

پس از شستشوی بذرها، بذرها در محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۰۷٪ به نسبت ۱:۵ (وزنی: حجمی) به مدت ۱۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق خیسانده و سپس با آب مقطر تا رسیدن به pH خنثی شستشو شدند. دانه ها به نسبت ۱:۵ به مدت ۱۲-۸ ساعت در آب مقطر قرار گرفتند و پس از آبیگری، در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۸٪، فرایند جوانه زنی به مدت ۴ روز بدون حضور نور در ژرمیناتور انجام پذیرفت [۲۴].

۲-۴- ارزیابی ویژگی های کیفی ماش جوانه زده

۲-۴-۱- اندازه گیری ترکیبات تشکیل دهنده محصول

محتوی رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر و فیبر ماش جوانه زده به ترتیب مطابق روش ۱۴/۰۰۴، ۱۴/۰۱۸، ۱۴/۰۲۶، ۱۴/۰۰۶ و ۱۴/۰۲۰ AOAC [۲۵]. تعیین گردید. به منظور ارزیابی محتوی اصلاح نمونه (سدیم، پتاسیم، منگنز، آهن، کلسیم، روی)، از دستگاه پلاسما جفت شده القایی (ICP - OES مدل ۸۳۰۰ OPTIMA ساخت شرکت پرکین المر آمریکا) استفاده گردید. در این راستا، ابتدا با تزریق نمونه های استاندارد، منحنی استاندارد برای هر عنصر ترسیم و سپس با تزریق عصاره نمونه، غلظت هر یک از عناصر فوق معین شد [۲۶].

۲-۴-۲- محتوی فنول کل

مقدار کل ترکیبات فنولیک نمونه توسط روش رنگ سنجی با

اسیدهای نوکلئیک و ایجاد جهش در ژنوم در فرایند رونویسی از ژن اختلال ایجاد می کند و منجر به نابودی میکرواورگانسیم ها می شود. بیشترین اثر کشندگی میکروبها به طیف UV-C و به ویژه در طول موج ۲۵۴ نانومتر نسبت داده می شود [۱۸]. از اشعه UV-C به منظور حفظ ویژگی های کیفی از جمله محتوی فنولیک، ظرفیت آنتی اکسیدانی، محتوی آسکوربیک اسید، سفتی بافت، کاهش سرعت تنفس، افت وزن و تغییرات رنگ در میوه و سبزیجات تازه در طول مدت نگهداری استفاده می شود. در پژوهشی که توسط مانزوکو و همکاران ۲۰۱۱ بر طالبی انجام گرفت، گزارش شده است که اعمال اشعه UV-C (۲۵۳/۷ نانومتر به مدت ۱۰ دقیقه) منجر به کاهش جمعیت میکرواورگانسیمها، کپک مخمر و انتروباکتریاسه، بهبود طعم و کاهش میزان آب اندازی در نمونه گردید [۱۹]. ساری و همکاران ۲۰۱۵ نشان دادند اعمال تیمار UV-C با طول موج ۲۵۴ نانومتر (۱۰ دقیقه، $1.3/2 \text{ kJ/m}^2$)، (۲۰ دقیقه، $2.6/4 \text{ kJ/m}^2$)، (۳۰ دقیقه، $3.9/6 \text{ kJ/m}^2$) بر میوه آناناس منجر به کاهش قهوه ای شدن، افزایش محتوی ترکیبات فنولیک، فلاونوئید، آسکوربیک اسید و ظرفیت آنتی اکسیدانی محصول در مقایسه با نمونه کنترل می شود [۲۰].

با توجه به ارزش تغذیه ای بالا و عمر نگهداری محدود ماش جوانه زده، حفظ کیفیت آن اهمیت دارد. کتیرا به عنوان یک نگهدارنده طبیعی، ترکیب مؤثری در کاهش سرعت تنفس و فعالیت آنزیم های دخیل در واکنش های قهوه ای شدن و کاهش فعالیت میکرواورگانسیمها شناخته می شود [۲۱]. از طرفی خواص ضد باکتریایی، ضد قارچی و آنتی اکسیدانی اسانس آویشن در پژوهش های گذشته به دفعات گزارش شده است [۲۲]. از این رو با توجه به نقش پوشش های خوراکی در حفظ کیفیت محصولات کشاورزی، در پژوهش حاضر برآنیم که از پوشش نانوامولسیون اسانس آویشن در صمغ کتیرا، به منظور بهبود توزیع اسانس در امولسیون و کاهش اثرات منفی ترکیبات غذایی بر خواص آن، به همراه امواج اعمال UV-C در افزایش عمر نگهداری ماش جوانه زده استفاده و سطوح بهینه متغیرهای مستقل به منظور دستیابی به بهترین شرایط نگهداری مشخص گردد.

اضافه گردید و سپس بر روی همزن مغناطیسی قرار داده شد. به منظور تهیه نانو امولسیون روغن در آب، اسانس آویشن به عنوان فاز روغنی و مخلوط توئین ۸۰ و محلول کتیرا به عنوان فاز آبی استفاده شد. تهیه نانوامولسیون ها از طریق یک فرایند دو مرحله‌ای انجام شد. ابتدا محلول آبی کتیرا تهیه و سپس اسانس قطره قطره به محلول آبی کتیرا اضافه گردید و با استفاده از یک همزن مغناطیسی (۷۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه) در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) مخلوط شد. سپس به منظور نانو کردن ذرات امولسیون از دستگاه سونیکاتور (دامنه ۱۰۰٪ و ۱ سیکل) به مدت ۶۰ ثانیه استفاده شد [۲۷].

۲-۶- تیمار کردن ماش جوانه زده

ماش جوانه زده ابتدا در معرض اشعه UV-C با قدرت ۶ وات قرار داده شد [۲۸] و سپس به مدت ۳۰ ثانیه در دمای محیط در نانوامولسیون اسانس آویشن در محلول کتیرا غوطه‌ور گردید. نمونه‌ها پس از خشک شدن در ظروف پلی اتیلنی بسته‌بندی و به مدت ۱۲ روز در دمای ± 2 درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

۲-۷- ارزیابی ویژگی‌های کیفی نمونه‌های تیمار

شده

نمونه‌ها بعد از ۱۲ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتیگراد با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت 0.001 گرم توزین و درصد افت وزن آن‌ها مطابق رابطه (۲) محاسبه گردید [۲۹].

رابطه (۲)

$100 \times (\text{وزن اولیه} / \text{وزن اولیه} - \text{وزن نهایی}) = \text{درصد افت وزن}$
 pH نمونه‌ها پس از همگن‌سازی ۱۰ گرم نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری [۳۰].
 ارزیابی بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سنجش بافت مدل ۲۰ STM انجام گردید. در این آزمون، نمونه تا ارتفاع ۵۵ میلی‌متر در ظرفی با قطر $43/93$ میلی‌متر قرار گرفت و سپس با پروبی به قطر $3/9$ سانتی‌متر، فشردن نمونه‌ها تا ارتفاع ۴۰ میلی‌متر با سرعت ۶۰ میلی‌متر بر ثانیه انجام گرفت. حداکثر نیروی لازم بر حسب نیوتون جهت فشردن نمونه در صورت یک سیکل حرکت رفت و برگشتی به عنوان شاخص سفتی گزارش گردید [۳۱].

محتوی فنولیک کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی و آسکوربیک اسید

استفاده از معرف فولین - سیوکالتو به مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، ابتدا به منظور تهیه عصاره فنولی، ۱۰ میلی‌لیتر متانول به ۲ گرم نمونه افزوده شد، به مدت ۱ ساعت بر روی شیکر قرار گرفت و سپس صاف گردید. ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره متانولی با ۲/۵ میلی‌لیتر از معرف فولین - سیوکالتو (۱۰ برابر رقیق شده با آب مقطر) مخلوط و پس از ۶-۳ دقیقه، ۲ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت. جذب محلول حاصل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. مقدار کل ترکیبات فنولیک براساس معادله خط رسم شده برای اسید گالیک به مبنی میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک محاسبه گردید [۲۴].

۲-۴-۳- ظرفیت آنتی اکسیدانی

جهت اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها، به ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره متانولی نمونه، ۴ میلی‌لیتر محلول متانولی $0.004 / 2.2 \%$ دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) افزوده و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد. جذب نمونه و شاهد پس ۳۰ دقیقه در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH مطابق رابطه (۱) محاسبه گردید [۲۴].

رابطه (۱)

درصد مهار رادیکال آزاد DPPH

$100 \times (\text{جذب شاهد} / \text{جذب نمونه} - \text{جذب شاهد})$

میزان آسکوربیک اسید نمونه‌ها به روش تیتراسیون و با استفاده از معرف ۲، ۶- دی کلرو فنل اندوفنل اندازه‌گیری شد. به این منظور، ۱۰ گرم از نمونه با ۳۰ میلی‌لیتر محلول اگزالیک اسید ۲٪ (وزنی: حجمی) همگن و سپس صاف گردید. به ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره استخراجی، ۱۰ میلی‌لیتر محلول اگزالیک اسید ۲٪ افزوده شد. سپس با محلول ۲، ۶- دی کلرو فنل اندوفنل تا ظهور رنگ صورتی پایدار تیتراژ گردید. میزان آسکوربیک اسید نمونه‌ها بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک محاسبه گردید [۲۵].

۲-۵- تهیه نانو امولسیون اسانس آویشن در

محلول کتیرا

نوارهای نازک کتیرا توسط آسیاب برقی، آسیاب و سپس از الک (مش > ۶۰) عبور داده شد [۲۷]. پودر کتیرا حاصل به آب مقطر

شد (جدول ۱). تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایشات و ترسیم نمودارهای سه بعدی با استفاده از نرم افزار Design Expert نسخه ۷ انجام شد. کفایت عملکرد مدل‌های حاصل با استفاده از آزمون ضعف برازش و ضریب تبیین (R^2) ارزیابی گردید. در پایان، پس از تعیین مقادیر بهینه متغیرهای مستقل (حفظ بیشترین محتوی فنول کل، آسکوربیک اسید، ظرفیت آنتی اکسیدانی و سفتی بافت)، مقایسه ویژگی‌های کیفی نمونه شاهد و بهینه با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و در قالب آزمون فاکتوریل، با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام پذیرفت.

نمونه‌های تیمار شده به ترتیب مطابق روش ارائه شده در بند (۲-۴) اندازه گیری گردید.

۲-۸- طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق، روش سطح پاسخ- طرح مرکب مرکزی ($\alpha=1.5$)، به منظور ارزیابی تاثیر سطوح مختلف غلظت اسانس آویشن (۱۲۰-۰ ppm)، کتیرا (۲-۰ درصد) و مدت زمان اعمال امواج UV-c (۴۰-۰ ثانیه) بر خصوصیات کیفی ماش جوانه‌زده پوشش داده شده با نانوامولسیون اسانس آویشن در صمغ کتیرا و تعیین نقطه بهینه مورد استفاده قرار گرفت. ۲۰ تیمار با سطوح متفاوت از متغیرهای مستقل با شش نقطه مرکزی در نظر گرفته

Table 1 Level of Independent and dependent variables in different treatments

Treatment	Zataria Multiflora Essential oil (ppm)	Tragacanth Gum (%)	UV-c (s)	Texture (N)	Loss Weight (%)	pH	Ascorbic acid content (mg/g)	Antioxidant activity (%)	Total phenolic (mg GAE/100g)
1	20.83	0.03	6.67	66.10	2.01	5.82	100.60	57.60	652.90
2	104.17	0.03	6.67	63.50	2.18	5.90	117.80	56.10	837.40
3	20.83	0.17	6.67	50.70	2.41	5.01	63.60	53.10	797.00
4	104.17	0.17	6.67	55.60	2.54	5.86	92.60	53.10	851.60
5	20.83	0.03	33.33	37.50	2.59	5.90	79.40	40.50	685.70
6	104.17	0.03	33.33	39.40	3.39	5.90	67.90	35.60	828.10
7	20.83	0.17	33.33	34.30	2.54	5.89	62.60	46.30	788.50
8	104.17	0.17	33.33	34.30	2.87	5.89	115.20	45.70	800.00
9	0.00	0.10	20.00	42.80	2.16	5.90	109.70	50.70	811.40
10	125.00	0.10	20.00	41.40	1.95	5.80	109.90	52.40	869.20
11	62.50	0.00	20.00	62.50	1.97	5.83	123.70	49.50	652.00
12	62.50	0.20	20.00	51.40	2.96	6.25	94.60	12.40	715.00
13	62.50	0.10	0.00	67.10	2.05	5.21	76.40	56.50	855.60
14	62.50	0.10	40.00	32.60	1.97	5.83	31.00	27.40	755.40
15	62.50	0.10	20.00	50.70	2.54	5.85	106.30	51.70	658.00
16	62.50	0.10	20.00	55.90	2.65	5.88	104.20	45.20	673.80
17	62.50	0.10	20.00	54.80	2.58	5.80	107.70	48.50	689.80
18	62.50	0.10	20.00	58.30	2.68	5.84	115.20	49.50	671.70
19	62.50	0.10	20.00	57.10	2.59	5.82	102.60	51.60	689.00
20	62.50	0.10	20.00	55.40	2.54	5.87	110.80	49.30	665.10

دو نمونه شاهد و بهینه مطابق با روش‌های توضیح داده شده در بند (۲-۷) در مدت زمان ۱۶ روز به فواصل ۴ روز یکبار ارزیابی شد.

۲-۹-۲- ارزیابی خصوصیات حسی

به منظور ارزیابی خصوصیات حسی دو نمونه بهینه و شاهد، از

۲-۹-۲- مقایسه ویژگی‌های کیفی نمونه شاهد و

بهینه در طول مدت نگهداری

۱-۹-۲- میزان افت وزن، pH سفتی بافت، محتوی فتولیک کل،

ظرفیت آنتی اکسیدانی، محتوی آسکوربیک اسید

بالا و استفاده از صمغ کتیرا بر حفظ محتوی ترکیبات فنولیک کل ماش جوانه زده موثر است. همچنین تاثیر متقابل این دو متغیر بر تغییرات محتوی ترکیبات فنولیک محصول نیز مثبت ارزیابی می شود (شکل ۱(a)).

آسیب اکسایشی فرایند اولیه ای است که در نتیجه ترکیب شدن یک ماده با اکسیژن در اثر فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی فنول اکسیداز ایجاد می شود. اکسیداسیون فنول‌ها و شرکت آنها در واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی منجر به از بین رفتن این ترکیبات می گردد [۳۲]. پوشش‌های هیدروکلوئیدی مانند کتیرا با ممانعت در برابر نفوذ اکسیژن و آب، مانع از اکسید شدن و هیدرولیز شدن ترکیبات فنولی توسط آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز و پراکسیداز می شوند [۳۳]. در پژوهشی در این راستا، حفظ بهتر محتوی ترکیبات فنولی میوه پاپایا پوشش داده شده با صمغ عربی در مقایسه با شاهد گزارش شده است [۳۴]. با افزودن اسانس به پوشش نانوامولسیون، مقدار نفوذپذیری به اکسیژن و بخار آب به علت افزایش خاصیت آبگریزی پوشش کاهش می یابد. اسانس آویشن با پر کردن فضاهای خالی ایجاد شده در شبکه تشکیل شده در حضور کتیرا، باعث ایجاد ساختاری با فضاهای خالی بین شبکه‌ای کمتری در مقابل عبور گازها می شود [۳۵]. لذا، حضور آن در پوشش نانوامولسیونی منجر به کاهش تبادلات گازی و کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسید کننده فنول‌ها، و در نتیجه کاهش افت محتوی فنول کل ماش جوانه زده می گردد. همچنین، اسانس آویشن شیرازی منبعی غنی از ترکیبات فنولی به ویژه کارواکول و تیمول است [۳۶]، که حضور آنها در پوشش نانوامولسیونی در افزایش محتوی فنولیک کل محصول مؤثر است. در نتایج پژوهشی در این راستا، محتوی فنول کل قارچ پوشش داده شده با صمغ کتیرا و اسانس آویشن بیش از نمونه کنترل گزارش شده است [۱۴]. کاهش محتوی فنول کل نمونه‌های قرار داده شده در معرض اشعه ماورای بنفش می تواند به دلیل تغییر ساختار مولکولی ترکیبات فنولی و درجه پلیمریزاسیون آنها و در نهایت تخریب ترکیبات فنولی حساس به امواج الکترومغناطیس و اشعه

آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای با در نظر گرفتن عدد ۵ برای بالاترین امتیاز و عدد ۱ برای کمترین امتیاز استفاده شد. عطر و بو، طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها توسط ۲۰ نفر ارزیاب مورد بررسی قرار گرفت [۳۱].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگی‌های کیفی ماش جوانه زده

ترکیبات تشکیل دهنده ماش جوانه زده و کمیت آنها در جدول (۲) نمایش داده می شود.

Table 2 Chemical characteristics of germinated Mung bean

Parameters	Quantity
Moisture (%)	90.9±1.6
Fat (% in dry mater)	1.0±0.3
Porotein(% in dry mater)	35.9±0.73
Ash (% in dry mater)	0.5±0.4
Fibber (% in dry mater)	7.5±2.1
Carbohydrate (% in dry mater)	55.0±1.6
Total phenolic content (mgGAE/100g)	523.0±1.4
DPPH scavenging activity (%)	35.6±0.9
Ascorbic acid (mg/100g)	111.4±1.7
Na(mg/kg)	21.9±0.6
K (mg/kg)	47.01±0.01
Mg (mg/kg)	102.7±0.04
Mn (mg/kg)	0.56 ±0.07
Fe (mg/kg)	3.76±0.11
Ca (mg/kg)	81.24 ±0.03
Zn (mg/kg)	8.78±0.08

۳-۲- ویژگی‌های کیفی نمونه‌های تیمار شده پس

از ۱۲ روز نگهداری

۳-۲-۱- محتوی ترکیبات فنولیک

تغییرات محتوی فنول کل ماش جوانه زده توسط یک مدل رگرسیونی درجه دوم که ضرایب آن در جدول (۳) آورده شده قابل ارزیابی است. نتایج نشان می دهد، افزایش زمان اعمال اشعه ماوراءبنفش تأثیر معنی دار کاهنده‌ای بر محتوی فنولیک کل ماش جوانه زده دارد. درحالیکه به کارگیری اسانس آویشن در سطوح

خوراکی حاوی ۱۰ درصد صمغ عربی منجر به حفظ بهتر فعالیت آنتی اکسیدانی گوجه فرنگی در طی دوره نگهداری شد [۴۲].

۳-۲-۳- محتوی آسکوربیک اسید

ضرایب مدل حاصل از تاثیر متغیرهای مستقل پژوهش بر تغییرات محتوی آسکوربیک اسید محصول در جدول (۳) نشان می‌دهد افزایش غلظت کتیرای مصرفی، تاثیر کاهنده‌ی معنی‌داری بر محتوی آسکوربیک اسید ماش جوانه زده دارد. افزایش غلظت کتیرای مصرفی در پوشش نانوامولسیون با بالا بردن فعالیت آبی محصول، احتمال فعالیت بیشتر باکتری‌ها در پوشش نانوامولسیون و افزایش pH ناشی از آنها را به همراه دارد که می‌تواند سبب تخریب و نابودی محتوی آسکوربیک اسید نمونه شود [۴۳]. اعمال اشعه ماورای بنفش در مدت زمان‌های بالاتر از ۲۰ ثانیه موجب کاهش محتوی آسکوربیک اسید ماش جوانه زده می‌شود که تاثیر متقابل آن با سطح اسانس مصرفی در سطوح پایین زمان اشعه‌دهی افزایشدهی و در زمان‌های بالاتر اعمال اشعه کاهنده است (شکل ۱ (c)). فرایند پرتودهی به انواع ویتامین‌ها آسیب می‌رساند. از آنجایی که اسید آسکوربیک احیا شده محلول در آب است، بیش از سایر ویتامین‌ها به پرتودهی حساس است. تابش پرتوهای یونیزه کننده موجب تغییر اسید آسکوربیک به دهیدرو اسید آسکوربیک و کاهش فعالیت آن می‌شود [۴۴]. بررسی منابع نشان می‌دهد دیگر امواج محدوده الکترومغناطیس نیز بعضا تاثیر مخربی بر محتوی ویتامین‌ها از جمله آسکوربیک اسید دارند. به عنوان نمونه، پرتو گاما در کاهش غلظت اسید آسکوربیک احیا شده در میوه گریپ فروت مؤثر است و افزایش دوز پرتودهی موجب کاهش بیشتر اسید آسکوربیک احیا شده می‌شود [۴۵]. افزایش مدت زمان اشعه‌دهی UV از ۵ دقیقه به ۱۵ دقیقه نیز موجبات افزایش شدت تجزیه و تخریب اسید آسکوربیک آب پرتقال را فراهم نموده است [۴۶]. در پژوهشی دیگر، افزایش دوز اشعه ماوراء بنفش از ۰ تا ۱۰۰ میلی ژول بر سانتی متر مربع منجر به کاهش محتوی اسید آسکوربیک در آب پرتقال گردید [۴۷]. با این وجود نتایجی مبنی بر بهبود حفظ

ماوراءبنفش باشد [۳۷]. افزایش محتوی فنولیک نمونه‌های اشعه داده شده در مدت زمان‌های بالاتر را می‌توان به شکست پیوندهای گلیکوزیدی میان فنول‌های باند شده با سایر ترکیبات سلولی و تبدیل فنول‌های باند شده به فرم آزاد همچنین تجزیه ترکیبات فنولی بزرگ‌تر به ترکیبات کوچک‌تر در نتیجه در معرض قرار گرفتن نمونه‌ها برای مدت زمان طولانی‌تر در برابر اشعه ماوراءبنفش نسبت داد. اعمال اشعه ماوراءبنفش در افزایش محتوی فنولیک میوه آناناس، هویج و کاهو مؤثر ارزیابی شده است [۲۰، ۳۸، ۳۹].

۳-۲-۲- ظرفیت آنتی اکسیدانی

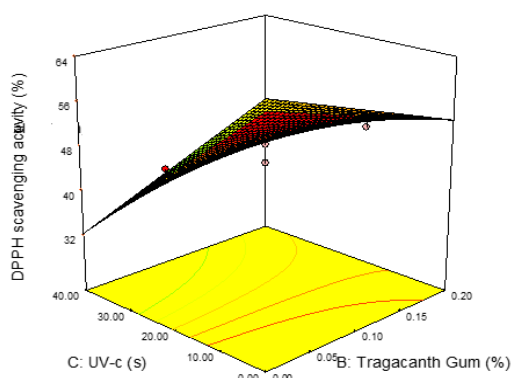
مطابق با نتایج ارائه شده در جدول (۳)، از میان منابع تغییرات مدل درجه دو برازش یافته بر ظرفیت آنتی اکسیدانی ماش جوانه زده، تنها اثر خطی مدت زمان اشعه ماوراءبنفش و اثر متقابل آن با غلظت کتیرای مصرفی بر ظرفیت آنتی اکسیدانی محصول معنی دار ارزیابی شد. افزایش مدت زمان اعمال اشعه ماوراءبنفش موجب کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی گردید. افزایش همزمان غلظت کتیرای مصرفی و مدت زمان اشعه ماوراء بنفش تاثیر منفی اشعه‌دهی را کاهش می‌دهد و در سطوح بالای دو متغیر ظرفیت آنتی اکسیدانی بالایی در نمونه مشاهده می‌شود (شکل ۱ (b)). ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها به شدت با محتوی فیتوشیمیایی آنها مرتبط است. به نظر می‌رسد پرتو ماوراءبنفش با افزایش سطح اکسندادهای داخلی باعث ایجاد تنش اکسیداتیوی درون سلولی و کاهش محتوی ترکیبات فنولی و سایر آنتی اکسیدان‌ها نظیر اسید آسکوربیک و توکوفرول‌ها، و در نتیجه ظرفیت آنتی اکسیدانی محصول می‌شود [۴۰]. در پژوهشی بر روی اثر پوشش ژل آلوه‌ورا بر روی تمشک نتایج نشان داد که میوه تمشک تحت تیمار ژل آلوه‌ورا در غلظت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد، ظرفیت آنتی اکسیدانی بالاتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش داشته است [۴۱]. همچنین استفاده از پوشش نانو کیتوزان حاوی اسانس آویشن بر روی خیار منجر به حفظ ظرفیت آنتی اکسیدانی آن گردید [۱۶]. در پژوهشی دیگر استفاده از پوشش

غلظت‌های بالای اسانس آویشن ناشی از افزایش فعالیت حیاتی سلول در مجاورت این گروه از ترکیبات است [۴۸]. نتایج مشابهی از تاثیر غلظت‌های زیاد اسانس ریحان بر کاهش سفتی بافت توت‌فرنگی گزارش شده است [۴۸]. افزایش فعالیت آبی پوشش در حضور مقادیر بالای صمغ کتیرا در فرمول نانوامولسیون و جذب آب بالای این ترکیب، تشدید فعالیت‌های میکروبی و تجزیه مواد پکتینی دیواره سلولی و نرم شدن بافت را موجب می‌شود. اشعه ماوراءبنفش نیز با تخریب دیواره سلولی و پارانشیم‌ها و حل شدن پکتین در مایع داخل سلولی موجبات نرم شدن بافت را فراهم می‌کند [۴۹].

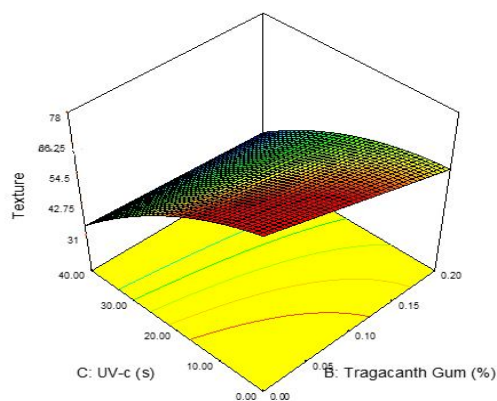
آسکوربیک اسید در برخی از محصولات اشعه‌دهی شده از جمله میوه آناناس مشاهده می‌شود [۲۰].

۳-۲-۴- سفتی بافت

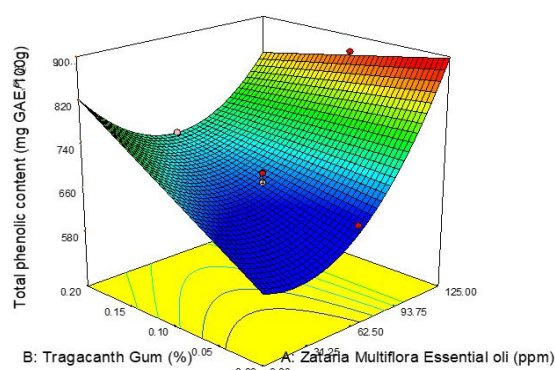
همانطور که ضرایب مدل برازش شده بر سفتی بافت نشان می‌دهد (جدول (۳))، به کارگیری اسانس آویشن در غلظت بالا در پوشش هیدروکلوئیدی ماش جوانه‌زده، افزایش مدت زمان اشعه‌دهی با امواج ماوراءبنفش و افزایش غلظت کتیرای مصرفی موجب کاهش معنی‌دار سفتی بافت نمونه می‌شود. اثر متقابل امواج ماوراءبنفش و کتیرا نیز بر تغییرات سفتی بافت کاهنده و معنی‌دار است (شکل ۱ (d)). کاهش سفتی بافت نمونه در



(b)



(d)



(a)

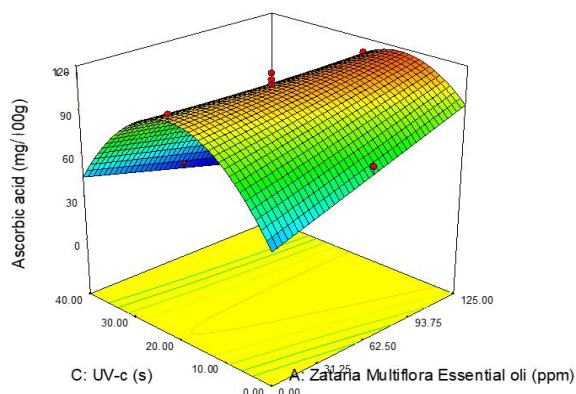


Fig 1 Interaction of *Zataria Multiflora* essential oil, Tragacanth gum and UV-c on qualitative characteristics of germinated mung bean

Table 3 Coefficients of the independent variables of acquired regression models for qualitative properties of sample

Factor	Texture (N)	Ascorbic acid (mg/100g)	DPPH Scavenging Activity (%)	Total phenolic content (mg GAE/100g)
β_0	+63.82 ^{***}	+65.78 ^{***}	+0.12 ^{***}	+747.83 ^{***}
β_1	+0.43 ^{ns}	+0.36 ^{ns}	—	-1.18 ^{***}
β_2	-100.09 ^{***}	-171.15 ^{***}	+0.08 ^{ns}	+1128.85 ^{***}
β_3	-0.51 ^{***}	+5.72 ^{***}	+1.25×10 ⁻³ ^{***}	-68.64 ^{**}
β_{12}	—	—	—	-11.74 ^{***}
β_{13}	—	-0.02 ^{***}	—	—
β_{23}	+2.11 ^{**}	—	-5.49×10 ⁻³ ^{***}	—
β_{11}	-3.40×10 ⁻³ ^{***}	—	—	+0.03 ^{***}
β_{22}	—	—	—	—
β_{33}	-0.01 ^{***}	-0.15 ^{***}	—	+0.31 ^{***}
R ²	0.98	0.96	0.86	0.95
Lack of Fit	0.87	0.32	0.93	0.056

^{*}, ^{**}, ^{***} significant at 90%, 95% and 99% confidence level respectively

Ns, Not significant

β_0 : Constant coefficient, β_1 : Zataria Multiflora essential oil, β_2 : Tragacanth gum, β_3 : UV-c, β_{12} : Zataria Multiflora essential oil & Tragacanth gum, β_{13} : Zataria Multiflora essential oil & UV-c, β_{23} : Tragacanth gum & UV-C, β_{11} : Zataria Multiflora essential oil², β_{22} : Tragacanth gum², β_{33} : UV-c²

۴- بهینه‌سازی و اعتبارسنجی مدل

محصول معین گردیدند. به منظور ارزیابی صحت عملکرد مدل‌های برازش یافته، ویژگی‌های کیفی نمونه بهینه حاصل اندازه‌گیری و با مقادیر پیش‌بینی شده از مدل مقایسه و درصد خطای مدل با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد که نتایج حاصل در جدول (۴) آورده شده است.

رابطه (۳)

۱۰۰×مقدار تجربی / مقدار پیش‌بینی شده - مقدار تجربی = درصد خطا

بهینه‌سازی متغیرهای مستقل با هدف حفظ بالاترین محتوی ترکیبات فنولیک، آسکوربیک اسید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و سفتی بافت صورت گرفت. پوشش حاوی ۱۰۴/۱۷ ppm اسانس آویشن، ۰/۰۳ درصد کنیرا و اعمال اشعه ماورای بنفش به مدت ۶/۶۷ ثانیه به عنوان مقادیر مناسب متغیرها به منظور حفظ کیفیت

Table 4 Validation of optimum surface methodology model

Parameters	Real	Predicted	error Percentage
Weight loss	1.76	1.99	13.07
pH	6.24	5.83	6.57
Total Phenolic content	804.25	853.50	6.12
DPPH Scavenging Activit	51.89	57.44	10.70
Ascorbic Acid	111.89	118.42	5.84
Texture	69.81	64.71	7.31

۵- مقایسه ویژگی‌های کیفی نمونه بهینه و

شاهد در طول مدت زمان نگهداری

مقایسه میانگین تاثیر مستقل تیمار و زمان نگهداری محصول در جدول (۵) و اثر متقابل آنها در گراف (۲) نمایش داده می‌شود.

Table 5 Independent effect of treatment and time on qualitative properties of germinated mung bean

Treatment	Texture (N)	Ascorbic acid(mg/100g)	DPPH scavenging Activity (%)	Total Phenolic content (mg GAE/100g)	pH	Loss weight (%)
Control	^a 74.81	^b 81.66	^b 53.57	^b 733.4	^a 6.30	^a 1.62
Optimum	^a 76.16	^a 111.4	^a 56.30	^a 781.2	^b 6.13	^b 1.26
LSD	2.73	4.39	2.53	21.68	0.03	0.03
0	^a 95.83 ^a	^a 116.1	^b 61.54	^c 656.2	^d 6.02	0.00^e
4	^b 89.59	^a 114.2	^a 66.54	^a 850.7	^d 6.05	^d 0.77
8	^c 77.92	^b 101.4	^a 66.63	^a 843.7	^c 6.15	^c 1.01
12	^d 68.22	^c 93.38	^c 49.33	^b 755.8	^b 6.38	^b 1.81
16	^e 45.87	^d 57.61	^d 30.63	^c 680.2	^a 6.48	^a 3.62
LSD	4.32	6.94	4.00	34.28	0.05	0.04

Same letters in each column have note significant difference (p<0.05)

۵-۱- افت وزن

افت وزن دو نمونه شاهد و بهینه روندی افزایشی را در طی زمان نگهداری نشان می‌دهد (شکل ۲ (a)). تبخیر و تعرق از سطح میوه در اثر تنفس مهم‌ترین عامل افت وزن محصول در طی دوره انبارمانی است. از این رو کاهش قطر منافذ سطح محصول توسط پوشش، کاهش وزن کمتری را در طول زمان نگهداری موجب می‌شود [۴۹]. کتیرا نیز به عنوان یک مانع نیمه نفوذپذیر در برابر اکسیژن، دی اکسید کربن و رطوبت موجبات کاهش سرعت تنفس، از دست رفتن رطوبت و واکنش‌های اکسیداسیون را فراهم می‌نماید [۵۰]. از این رو افت وزن نمونه بهینه به طور معنادار در مقایسه با نمونه شاهد کمتر است.

۵-۲- pH

همانطور که در شکل ۲ (b)، مشهود است، با گذشت زمان pH هر دو نمونه شاهد و بهینه افزایش یافته است ولی سرعت تغییرات این متغیر در نمونه بهینه کمتر از شاهد است و تفاوت آماری معنی‌داری میان این دو مشاهده می‌شود. افزایش pH به سرعت تنفس، مصرف اسیدهای آلی در واکنش‌های آنزیمی تنفس و تغییر نسبت قند به اسیدهای آلی در نمونه بستگی دارد [۵۱]. از این رو تغییرات کمتر pH در نمونه بهینه می‌تواند به دلیل کمتر بودن سرعت تنفس نمونه‌ی پوشش داده شده در مقایسه با نمونه شاهد می‌باشد [۵۲].

۵-۳- فنولیک کل

محتوی فنولیک کل نمونه بهینه بیش از نمونه شاهد ارزیابی شد (جدول ۵) و در هر دو نمونه، ابتدا افزایش و سپس کاهش در محتوی این گروه از ترکیبات طی زمان نگهداری مشاهده گردید (شکل ۲ (c)). به طور کل محتوی فنولیک کل میوه و سبزیجات پس از برداشت می‌تواند افزایش یا کاهش یابد که بستگی زیادی به شرایط انبارداری محصول دارد. نگهداری میوه‌های بالغ تر در در یخچال منجر به افزایش ترکیبات فنولیک می‌شود و این امر می‌تواند ناشی از تغییر در متابولیسم ترکیبات فنولیک در طول مدت انبارداری و همچنین فعالیت بالای آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز (آنزیم دخیل در مسیر بیوسنتز ترکیبات فنولیک) باشد [۵۴، ۵۳]. با بروز تنش‌های اکسایشی، فنول‌های آزاد به عنوان ترکیبات ضد اکسایشی قوی در واکنش‌های قهوه‌ای شدن و اکسیداسیون عمل نموده و از این رو، با افزایش عمر نگهداری محصول، محتوی فنول کل کاهش می‌یابد [۵۵]. اشعه ماوراءبنفش، با تولید رادیکال‌های آزاد، پیوندهای شیمیایی داخلی پلی فنول‌ها را شکسته و فنول‌های محلول با وزن مولکولی کمتری را تولید می‌کند. همچنین، این امواج توانایی ویژه‌ای در گسستن پیوندهای گلیکوزیدی ترکیبات فنولی باند شده و افزایش محتوی ترکیبات فنول آزاد در محیط دارد [۳۷]. پوشش هیدروکلوئیدی کتیرا با کاهش شدت نفوذ اکسیژن موجبات حفظ

بهرتر پلی فنول‌ها در محصول را فراهم می‌نماید [۱۴].

۵-۴- ظرفیت آنتی اکسیدانی

ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها پس از هشت روز نگهداری روندی کاهشی را سپری می‌کند، اما سرعت کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه بهینه کمتر از شاهد می‌باشد (شکل ۲ (d)). ظرفیت آنتی اکسیدانی بالاتر نمونه بهینه می‌تواند به علت حفظ بهتر ترکیبات فنولیک و اسید آسکوربیک در نمونه بهینه نسبت به نمونه‌ی شاهد باشد (جدول ۵).

۵-۵- آسکوربیک اسید

محتوی آسکوربیک اسید نمونه شاهد و بهینه در طول زمان کاهش می‌یابد ولی سرعت کاهش این ترکیب در نمونه بهینه به طور معنادار کمتر از شاهد است (شکل ۲ (e)). افزایش pH محیط و افزایش شدت واکنش‌های آنزیمی و اکسیداسیون، دلایل اصلی نابودی اسید آسکوربیک در محصول است [۵۶]. کاهش دسترسی اکسیژن و کاهش فعالیت آنزیمی محصول به واسطه وجود پوشش دلایل اصلی حفظ محتوی اسید آسکوربیک نمونه‌ی بهینه در مقایسه با شاهد است (جدول ۵). بررسی منابع نشان می‌دهد که استفاده از پوشش‌های خوراکی، روش مناسبی در حفظ ترکیبات زیست فعال از جمله آسکوربیک اسید محصولات کشاورزی است [۱۴، ۵۷، ۵۸]. به عنوان نمونه، استفاده از پوشش سدیم آلزینات (۰/۵٪، ۱٪، ۲٪) همراه با عوامل ضد میکروبی (سیکلو بتادکسترین و ترنس-سینامالدهید) بر برش‌های تازه آناناس، نقش مؤثری در حفظ اسید آسکوربیک محصول در طی ۱۵ روز انبارمانی دارد [۵۹].

۵-۶- سفتی بافت

با افزایش زمان نگهداری، استحکام بافت نمونه‌ها به دلیل فعالیت‌های آنزیمی، تخریب دیواره سلول‌ها، از بین رفتن پاراننشیم و حل شدن پکتین در مایع داخل سلولی کاهش می‌یابد [۵۳].

تفاوت معنی‌داری میان دو نمونه شاهد و بهینه از حیث سفتی بافت وجود ندارد (جدول ۵).

هرچند انتظار می‌رود که در نمونه‌ی پوشش داده شده، کاهش سفتی بافت به دلیل تنفس و در نتیجه واکنش‌های آنزیمی کمتر نسبت به نمونه‌ی شاهد کمتر باشد [۱۴]، اما احتمالاً بدلیل اثر منفی اشعه ماوراءبنفش بر تخریب دیواره سلولی و پاراننشیم‌ها، تفاوت معنی‌داری میان نمونه‌ی بهینه و شاهد مشاهده نشد [۵۰]. اگر چه عموماً استفاده از پوشش‌های خوراکی تأثیر مثبتی در حفظ و نگهداری محصولات کشاورزی دارند، ولی نتایج متناقضی نیز در این خصوص گزارش شده است. به عنوان نمونه، استفاده از پوشش متیل سلولز بر حفظ سفتی بافت گوجه‌فرنگی در طی مدت نگهداری تأثیر مثبتی نداشت [۶۰]. بنابراین، تأثیر پوشش‌ها بر سفتی بافت، بسته به نوع پوشش، نوع محصول و شرایط نگهداری متفاوت است.

۵-۷- ارزیابی حسی

علیرغم تأثیر مثبت پوشش‌های خوراکی بر حفظ کیفیت محصولات کشاورزی، گزارشات مبنی بر تأثیر این پوشش‌ها بر تغییر اتمسفر داخلی محصول و تولید متابولیت‌های نامطلوب از حیث طعم و عطر وجود دارد. در این راستا گزارش شده است که استفاده از واکس بر سطح نارنگی بسته‌بندی شده منجر به تغییر اتمسفر داخلی میوه و تولید متابولیت‌های غیر هوازی مانند اتانول و استالید می‌شود که تجمع این متابولیت‌ها موجب بدطعمی میوه‌های واکس زده طی نگهداری در انبار می‌گردد [۶۱]. نتایج این پژوهش نشان داد که میان خصوصیات حسی دو نمونه شاهد و بهینه، تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول ۶). بنابراین، استفاده از پوشش نانوامولسیون کتیرا-اسانس آویشن همراه با اعمال تشعشع ماوراءبنفش در سطوح مناسب، هیچ اثر نامطلوبی بر خواص حسی ماش جوانه‌زده نشان نداد.

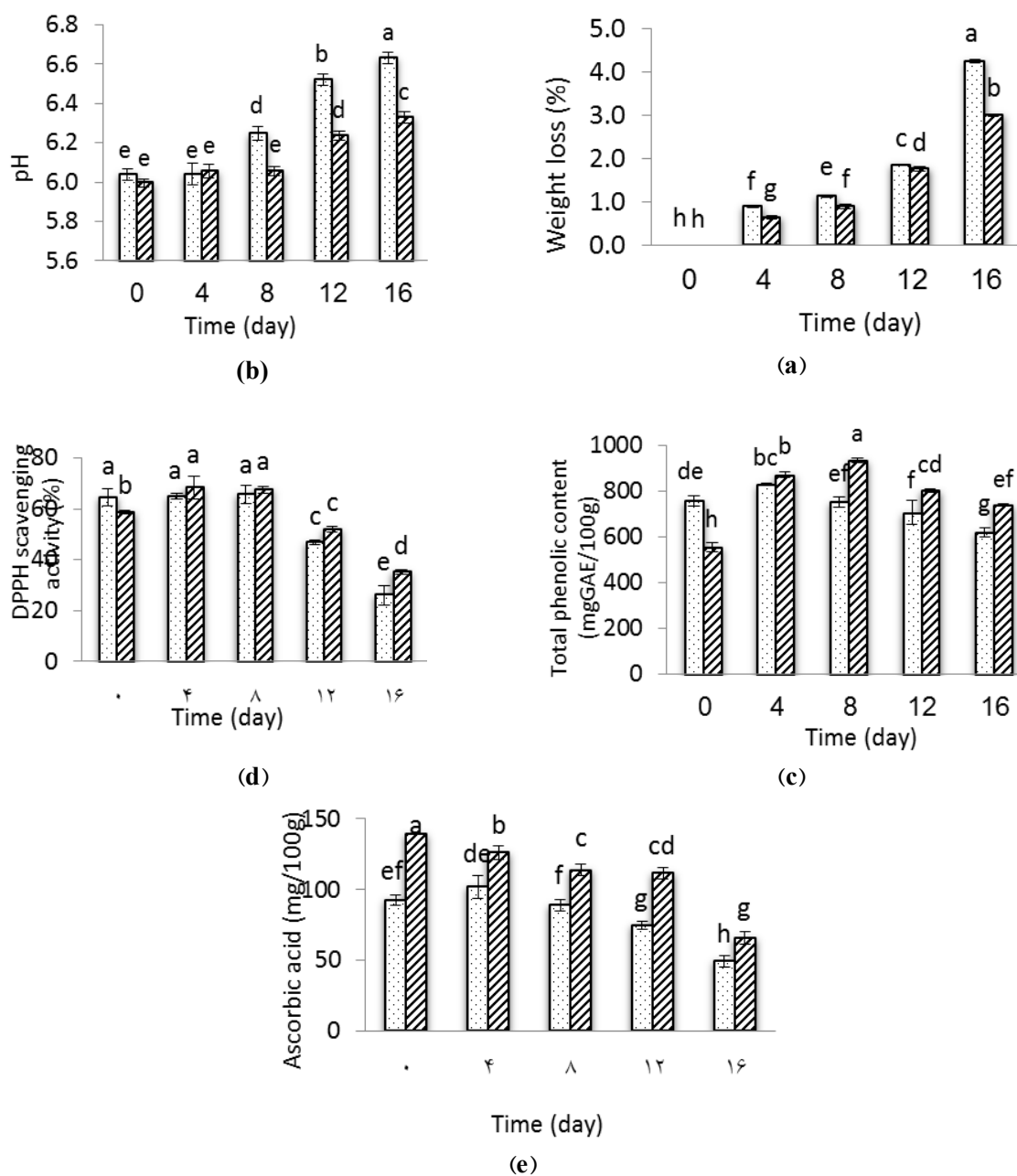


Fig 2 Interaction of treatment and time on qualitative properties of germinated mung bean Optimum Control

Table 6 Comparison in sensorial properties of control and optimum samples

Treatment	Texture	Colour	Odour	Taste	Over all
Control	^a 3.60	^a 3.10	^a 3.85	^a 3.90	^a 3.80
Opimum	^a 3.40	^a 3.10	^a 3.60	^a 3.70	^a 3.55

Same letters in each column have not significant difference based on MannWhitney U test

contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. *Food Chemistry*. 86: 537-545.

- [4] Chun, HH., Song, K. Bin. 2013. The combined effects of aqueous chlorine dioxide, fumaric acid, and ultraviolet-C with modified atmosphere packaging enriched in CO₂ for inactivating preexisting microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* inoculated on buckwheat sprouts. *Postharvest Biology and Technology journal*. 86, 118–124.
- [5] Zhang, C., Lu, Z., Li, Y., Shang, Y., Zhang, G., Cao, W. 2011. Reduction of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enteritidis* on mung bean seeds and sprouts by slightly acidic electrolyzed water. *Food Control*. 22, 792–796.
- [6] Yousuf, B., Qadri, OS., Srivastava, AK. 2018. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings. *LWT - Food Science and Technology*. 89, 198–209.
- [7] Ramos, B., F. A. Miller, T. R. S. Brandão, P. Teixeira and C. L. M. Silva. 2013. Fresh fruits and vegetables-An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol*. 20: 1-15.
- [8] Millan-sango D, Sammut E, Van Impe JF, Valdramidis VP. 2017. Decontamination of alfalfa and mung bean sprouts by ultrasound and aqueous chlorine dioxide. *Journal of Food Science and Technology*, 78:90-96.
- [9] Xiang, Q., Liu, X., Liu, S., Ma, Y., Xu, C., Bai, Y. 2018. Effect of plasma-activated water on microbial quality and physicochemical characteristics of mung bean sprouts. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. (In Press), 49-56.
- [10] Zhang, S J., Hu, T T., Liu, H K., Chen, Y Y., Pang, X., Zheng, L., Chang, Sh., Kang, YF. 2018. Moderate Vacuum packing and low temperature effects on qualities of harvested mung bean (*vigna radiata* L.) Sprouts. *Postharvest Biology and Technology*, 145, 83-92.
- [11] Sikora, M., Świeca, M. 2017. Effect of ascorbic acid postharvest treatment on enzymatic browning, phenolics and antioxidant capacity of stored mung bean

۶- نتیجه گیری

ماش جوانه زده بدلیل فعالیت آبی بالا و فساد سریع توسط میکروارگانیزمها از جمله کپک و مخمرها و بروز تغییرات نامطلوب در طول انبارمانی مانند تنفس و نرم شدگی بافت، عمر ماندگاری کوتاه دارد. هدف از پژوهش حاضر افزایش ماندگاری و کیفیت ماش جوانه زده با استفاده از پوشش نانوامولسیون کتیرا- اسانس آویشن همراه با اشعه UV-C بود. افزایش غلظت اسانس آویشن منجر به افزایش محتوی فنولیک کل و کاهش سفتی بافت نمونه گردید. با افزایش غلظت کتیرا فنولیک کل افزایش و سفتی بافت و محتوی آسکوربیک اسید کاهش یافت. با افزایش مدت زمان UV-C، محتوی فنولیک کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی، آسکوربیک اسید و سفتی بافت کاهش یافت. با توجه به این که سطوح بالای هر سه متغیر مستقل تاثیر منفی بر ویژگی های کیفی ماش جوانه زده دارد، بنابراین تعیین نقطه بهینه جهت دستیابی به ویژگی های کیفی مطلوب حائز اهمیت است. سطوح بهینه متغیرها شامل ۱۰۴/۱۷ ppm اسانس آویشن، ۰/۰۳ درصد کتیرا و ۶/۶۷ ثانیه UV-C در نظر گرفته شد. مقایسه ویژگی های فیزیکوشیمیایی دو نمونه شاهد و بهینه در طی مدت زمان نگهداری نشان داد، نمونه بهینه محتوی ترکیبات فنولیک، ظرفیت آنتی اکسیدانی و آسکوربیک اسید بالاتر و افت وزن و pH پایین تری در مقایسه با نمونه شاهد دارد.

۷- منابع

- [1] Lin, P.Y., Lai, H.M. 2006. Bioactive compounds in legumes and their germinated products. *Agricultural and Food Chemistry*. 54, 3807-3814.
- [2] Silva, L.R., Pereira, M.J., Azevedo, J., Gonçalves, R.F., Valentão, P., Pinho, P.G.d. and Andrade, P. B. 2013. *Glycine max* (L.) Merr., *Vigna radiata* L. and *Medicago sativa* L. sprouts: A natural source of bioactive compounds. *Food Research International*. 50, 167–175.
- [3] Kuo, Y.H., Rozan, P., Lambein, F., Frias, J. and Vidal-Valverde, C. 2004. Effects of different germination conditions on the

- Effect of UV-C irradiation on postharvest quality of 'Phulae' pineapple. *Scientia Horticulturae journal*. 314-320.
- [21] Lee, J. Y., Park, H. J. Lee, C. Y. and Choi, W. Y. 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *J. Food Sci. and Technol.* 36, 323 – 329.
- [22] Lahooji, A., Mirabolfathi, M., KaamiAsboo, R. 2010. Effect of *Zataria multiflora* and *Saturejahortensis* essential oils, thymol and carvacrol on growth of *Fusariumgraminearum* isolates and deoxynivalenol production. *plant diseases*. 1, 35-70.
- [23] Ksouda, G., Sellimi, S., Merlier, F., Falcimaigne-cordin, A., Thomasset, B., Nasri, M., Hajji, M. 2019. Laboratory of Enzyme Engineering and Microbiology, National School of Engineering of Sfax. *Food Chem. Food Chemistry*. 19, 47-56.
- [24] Shirvani A, Goli SAH, Shahedi M, Soleimani-Zad S. 2016. Changes in nutritional value and application of thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on microbial and organoleptic markers of Persian clover (*Trifolium resupinatum*) sprouts. *Journal of Food science and Technology*, 67:14-21.
- [25] AOAC. 1990. Washington, DC. Official methods of analysis 15th
- [26] Souza, SO., Costa, S.S.L., Brum, B.C.T., Santos, SH., Garcia, C.A.B., Araujo, RGO. 2019. Determination of nutrients in sugarcane juice using slurry sampling and detection by ICP OES. *Food Chemistry*. 273, 57–63.
- [27] Hashtjin, AM., Abbasi, S. 2015. Nano-emulsion of orange peel essential oil using sonication and native gums. *Food Hydrocolloids*. 44, 40–48.
- [28] Lacroix, M. 2016. Antimicrobial effects of combined UV-C or gamma radiation with natural antimicrobial formulations against *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and total yeasts / molds in fresh cut cauliflower. *LWT - Food Science and Technology*. 65, 451–456.
- [29] Patel, C., Panigrahi, J. 2019. Starch glucose coating-induced postharvest shelf-life extension of cucumber. *Food Chemistry*. (In Press), 208-214.
- [30] Barry – Ryan, C., O'Berne, D. 1998. sprouts. *Food Chemistry*. 17, 1160-1166.
- [12] Corbo, M.R., Speranza, B., Campaniello, D., D'Amato, D., Sinigaglia, M., 2010. "Fresh-cut fruits preservation: current status and emerging technologies". *Microbial Biotechnology*, 1143-1154.
- [13] Lee G, Kim Y, Kim H, Beuchat LR, Ryu J-H. 2018. Antimicrobial activities of essential oil against *Listeria monocytogenes* on a laboratory medium and radish sprouts. *International Journal of Food Microbiology*, 265:49-54.
- [14] Nasiri, Mahshid., Barzegar, M., Sahari, MA., Niakousari, M. 2017. Application of *Tragacanth* gum impregnated with *Satureja khuzistanica* essential oil as a natural coating for enhancement of postharvest quality and shelf life of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *International Journal of Biological Macromolecules*. 9, 218-266.
- [15] Mohebbi, M., Ansarifard, E. 2012. Suitability of Aloe Vera and Gum *Tragacanth* as Edible Coatings for Extending the Shelf Life of Button Mushroom. Suitability of Aloe Vera and Gum *Tragacanth* as Edible Coatings for Extending the Shelf Life of Button Mushroom. *Food and Bioprocess Technology*. 5, 3193–3202.
- [16] Mohammadi, A., Hashemi, M., Hosseini, SM. 2015. Postharvest treatment of nanochitosan-based coating loaded with *Zataria multiflora* essential oil improves antioxidant activity and extends shelf-life of cucumber. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 15, 580-588.
- [17] Kamani, M.H., Safari, O., Yazdanpanahi, A., Mazloom, S. 2012. Application of radiation in improving the quality of fishery products. *National Conference on Aquaculture*. 326-329.
- [18] Yolmeh, M., Habibi-Najafi, M. B., Najafzadeh, M. 2013. Study the effects of ultraviolet radiation on the growth of *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* isolated from raw milk and raw rice. *Iranian Food*
- [19] Manzocco, L., Pieve, S.Da., Maifreni, M. 2011. Impact of UV-C light on safety and quality of fresh-cut melon. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 12, 13–17. *Science and Technology*. 11, 319-324.
- [20] Sari, LK., Setha, S., Naradisorn, M. 2016.

- 39 .
- [40] Shahbaz, H.M., Ahn, J.J., Akram, K., Kim, H.Y., Park, E.J. and Kwon, J.H. 2014. Chemical and sensory quality of fresh pomegranate fruits exposed to gamma radiation as quarantine treatment . *Food Chemistry*. 145, 312-318.
- [41] Hassanpour, H, 2015, Effect of Aloe vera gel coating on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activities and decay in raspberry fruit, *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 495-501
- [42] Ali, A., Maqbool, M., Alderson, P.G., Zahid, N. (2013). Effect of gum arabic as an edible coating on antioxidant capacity of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit during storage. *Postharvest Biol Technol.*, 76, 119-124.
- [43] Youwei, Y., Yinzhe, R., 2013. "Effect of Chitosan Coating on Preserving Character of Post-Harvest Fruit and Vegetable: A Review". *Food Process And Technology*, 4(8), 1-3.
- [44] Ashtari, M., Khademi, O., Soufbaf, M., Afsharmanesh, H., Aliaskari Sarcheshmeh, M. 2016. The effect of gamma irradiation on qualitative characteristics of pomegranate fruit during cold storage. *Food Science and Technology*. 70, 135-146.
- [45] Patil, B.S., Vanamala, J. and Hallman, G. 2004. Irradiation and storage influence on bioactive components and quality of early and late season 'Rio Red' grapefruit (*Citrus paradisi Macf.*). *Postharvest Biology and Technology*. 34, 53-64.
- [46] Teja, CK, Sanganamoni, S., Prabhakar, B. 2017. Effect of UV – C Light Treatment on Physicochemical and Bioactive Compounds in Apple and Pineapple Juices. *International journal of current microbiology and applied sciences*. 6, 2321–2333.
- [47] Thu, M., Tran, T., Farid, M. 2004. Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 4, 495-502.
- [48] Asghari Marhjanloo, A., Mostofi, Y., Shoeibi, Sh., Maghoomi, M. 2008. Influence of *Ocimum basilicum L.* essential oil on control of current decay and postharvest quality strawberries. *Medicinal Plants*. (1) 28, 131-139.
- [49] Hernandez-Munoz P, Almenar ED, Valle V, Velez D, and Gavara D, 2008. Effect of Quality and shelf – life of fresh cut carrot slices as affected by slicing method. *Journal of Food Science*. p.6.
- [31] Dambrosio T, Amodio ML, Pastore D, Santis GD. 2017. Chemical, physical and sensorial characterization of fresh quinoa sprouts (*Chenopodium quinoa Willd.*) and effects of modified atmosphere packaging on quality during cold storage. *Journal of Food Packaging and Shelf life*, 14:52-58.
- [32] You Y L, Jiang Y M, Duan X W, Su X G, Song L L, Liu H, et al. Browning inhibition and quality maintenance of fresh cut Chinese waterchestnut by anoxia treatment. *J Food Process Preserv* 2007; 31: 595–606.
- [33] Gil, M.I., Aguayo, E, Kader, A.A, 2006, Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage, *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 54(12), pp.4284-4296.
- [34] Addai, ZR., Abdullah, A. 2013. Effect of Gum Arabic on Quality and Antioxidant Properties of Papaya Fruit during Cold Storage. *International Journal of ChemTech Research*. 6:2854-2862.
- [35] Sánchez-González, L., Vargas, M.a., González-Martínez, C., Chiralt, A., Cháfer, M. (2011). Use of essential oils in bioactive edible coatings. *J. Food Eng., Rev.*, 3, 1-16.
- [36] Zambonelli A, DAulerio A. Z, Severi A, Benvenuti S, Maggi L and Bianchi. 2004. Chemical composition and Fungicidal activity of commercial essential oils of *Thymus vulgaris L.* *Journal of Essential Oil Research*, 16(1), 69-74.
- [37] Adamo, M., Capitani, D., Mannina, L., Cristinzio, M., Ragni, P., Tata, A. and Coppola, R. 2004. Truffles decontamination treatment by ionizing radiation. *Radiation Physics and Chemistry*. 71, 167-170.
- [38] Alegria, C., Pinheiro, J., Duthoit, M., Gonçalves, EM., Moldão-martins, M., Abreu M. 2012. Fresh-cut carrot (cv . Nantes) quality as affected by abiotic stress (heat shock and UV-C irradiation) pre-treatments. *LWT - Food Science and Technology*. 48, 197–203.
- [39] Bardin, M., Nicot, P., Urban, L., Aarouf, J. 2017. Pre-harvest hormetic doses of UV-C radiation can decrease susceptibility of lettuce leaves (*Lactuca sativa L.*) to *Botrytis cinerea L.* *Scientia Horticulturae journal*. (In Press), 32–

- composition and processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 48, 4581-4589.
- [56] Yousuf, B., Qadri, OS., Srivastava, AK. 2018. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings. *LWT - Food Science and Technology*. 89, 198-209 .
- [57] Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badie, F., Mohammad Hosseini, Z., Ahmadi, SK., Ghanati, K. 2013. Effect of nano-emulsion coating containing chitosan on storability and qualitative characteristics of strawberries after picking. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 2, 9-19.
- [58] Jiang, T., Feng, L., Zheng, X. 2012. Effect of Chitosan Coating Enriched with Thyme Oil on Postharvest Quality and Shelf Life of Shiitake Mushroom (*Lentinusedodes*) Tianjia. *Agricultural and Food- Chemistry*. 60, 188-196.
- [59] Mantilla, N., Gomes, C., Moreira, RG. 2013. L Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananascomosus*). *LWT - Food Science and Technology*. 51, 37-43 .
- [60] Sadeghipour, M., Badii, F., Behmadi, H., Bazyar, B. 2012. The effect of methyl cellulose based active edible coatings on the storage life of tomato. *Food Science & Technology*. 35, 89-99.
- [61] Obenland, D., Collin, S., Sievert, J., Fjeld, K., Doctor, J. and Arpaia, M. L. 2008. Commercial packing and storage of navel oranges alters aroma volatiles and reduces flavor quality. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 159-167.
- chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry* 110, 428-435.
- [50] Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., Alderson, PG. 2010. Postharvest Biology and Technology Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanumlycopersicum L .*) fruit. *Postharvest Biology and Technology journal*. 58, 42-47 .
- [51] Valverde, J.M., D.Valero., D. Martínez-Romero., F. Guillén., S. Castillo and M. Serrano. 2005. Novel edible coating based on of Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *J. Agr. Food Chem*. 53, 7807-7813.
- [52] Vargas M, Albors A, Chiralt A, Gonzalez-Martinez C. 2006. Quality of cold-stored strawberries asaffected by chitosan-oleic acid edible coatings. *PostharvestBiolTechnol*; 41, 164-71.
- [53] Derakhshan, N., Shokouhian, A. A., FathiAchachlouei, B. 2018. Effect of Putrescine and Aloe Vera gel on biochemical indices of peach fruit var. red top during storage life. *iranian food science and technology*. 15, 159-170.
- [54] Rajaeian, S., Ehsanpour, A .A, Toghyan, M.A. 2015. Changes in phenolic compound, TAL, PAL activity of *Nicotianarustica* triggered by ethanolamine pretreatment under in vitro salt stress condition. *Iranian Journal of Plant Biology*. 26, 1-12.
- [55] Gil, M.I., Tomás-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M. and Kader, A.A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic



Effect of Thyme (*Zataria Multiflora*) Essential oil Nano Emulsion in Tragacanth Gum and UV-c Irradiation on Quality Characterization of Germinated Mung Bean

Eftekhari, L.¹, Abbasi, H.^{1*}, Jahadi, M.¹

1. Department of Food Science and Technology Engineering, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 2019/09/04
Accepted 2021/01/11

Keywords:

Germinated mung bean,
Thyme (*Zataria Multiflora*)
Essential oil,
Tragacanth gum,
UV-c irradiation,
Nano emulsion.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.04

*Corresponding Author E-Mail:
H.Abbasi@Khuisf.ac.ir

Germinated mung is a rich product in proteins, vitamins, minerals, essential fatty acids, sugar, amino acids, flavonoids, sterols and organic acids. Due to high nutritional value and limited shelf life, studying on effective solutions for increasing its shelf life is important. In the present research, effect of nanoemulsion coating of Thyme Essential oil (0-125 ppm) in tragacanth gum (0-0.2 percent) with UV-c irradiation (0-40 seconds) on physicochemical characteristics of germinated mung bean was studied. According to the statistical pattern of response surface-central composite design, we defined 20 treatments and 6 repetitions in the central point. The physicochemical characteristics of the treated samples including weight loss, PH, total phenolic, antioxidant capacity, ascorbic acid and firmness of samples were assessed after 12 days in 4 °C. The results showed an increase in total phenolic with increasing the concentration of Thyme (*Zataria Multiflora*) Essential oil. Also, increasing tragacanth gum concentration increased total phenolic, and decreased ascorbic acid level and firmness. High UV-c irradiation time decreased total phenolic, antioxidant capacity, ascorbic acid levels and firmness of samples. We optimized the formulation in order to keep the highest levels of total phenolic, antioxidant capacity, ascorbic acid and firmness based on the prepared models. Optimal levels of variables were considered 104.17 ppm of the Thyme Essential oil, 0.03 percent of the tragacanth gum and 6.67 seconds of UV-c irradiation. Comparison of quality characteristics of control and optimum samples showed that the optimum sample had more phenolic compounds, antioxidant capacity and ascorbic acid than control. Furthermore, weight loss and PH of the optimum sample was lower in comparison than control.