بهینه سازی ترکیب پوشش خوراکی با کاربرد طرح مرکب بر عمر انباری و خواص کیفی میوه انجیر *(Ficus Carica domestica L.)*

ندا مومنی[۱]، میرخلیل پیروزی فرد*[۲]، محمد علیزاده خالد آباد[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، گروه علوم و صنایع غذایی، ارومیه، ایران
۲- دانشیار، دانشگاه ارومیه، گروه علوم و صنایع غذایی، ارومیه، ایران
۳- دانشیار، دانشگاه ارومیه، گروه علوم و صنایع غذایی، ارومیه، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۲۷)

چکیده

در این پژوهش، تأثیر پوشش خوراکی مرکب، متشکل از سدیم آلژینات (در محدوده غلظت w/v٪ ۲/۵-۰)، ژل آلوئه ورا (w/v٪ ۱-۰) و صمغ زدو (w/v٪ ٤- ۰/۵) حاوی مقادیر ثابتی از عوامل ضد قهوه‌ای شدن اسید آسکوربیک و اسید سیتریک (هریک در غلظت w/v٪ ۱)، کلرید کلسیم به عنوان عامل ایجادکننده اتصالات عرضی (w/v٪ ۲) و گلیسرول در نقش پلاستیسایزر (v/v٪ ۸) بر شاخص های کیفی میوه انجیر نیمه مرطوب طی ٤ ماه ذخیره‌سازی بررسی گردید. برای مطالعه تأثیرگذاری سه فاکتور مخلوط (Mixture Factor) و یک فاکتور کمی پیوسته (زمان نگهداری) بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه ها، از قبیل درصد رطوبت، مواد جامد محلول کل، پارامترهای رنگ، بافت، فعالیت آنتی اکسیدانی و فنل کل، فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و آزمون حسی، از طرح مرکب (Combined Design) استفاده شد. با توجه به نتایج مطالعات، غلظت بهینه ترکیب صمغ ها در پوشش خوراکی در ماکزیمم زمان نگهداری به شرط حفظ ویژگی های کیفی، w/v٪ ۲/۱۸۸ آلژینات، w/v٪ ۰ آلوئه ورا و w/v٪ ۱/۸۱۲ زدو انتخاب گردید. از طرفی چنانچه در بهینه سازی فاکتورها بازه زمانی ۱۲۰-۹۰ روز در نظر گرفته شود، غلظت بهینه شامل w/v٪ ۰ آلژینات، w/v٪ ۱ آلوئه ورا و w/v٪ ۳ زدو می باشد. به طور کلی، روند بهینه سازی پوشش خوراکی، توانایی ژل آلوئه ورا و صمغ زدو را در حفظ نسبی خصوصیات کیفی میوه انجیر نیمه مرطوب طی ٤ ماه ذخیره سازی، آشکار ساخت.

کلید واژگان: بهینه سازی، انجیر، پوشش خوراکی، آلوئه ورا، صمغ زدو

* مسئول مکاتبات: piruzifard.mirkhalil@gmail.com

۱- مقدمه

انجیر با نام علمی Ficus carica یکی از قدیمی ترین میوه های شناخته شده برای بشر است. انجیر محصول نسبتاً مهم جهان با تولید سالانه یک میلیون تن بوده که حدود ۳۰ درصد آن در ترکیه تولید می شود. هفتاد درصد از انجیر تولیدی دنیا در کشورهای ساحلی دریای مدیترانه رشد می کنند. در این کشورها، انجیر جزء مهم رژیم غذایی مدیترانه ای است، که یکی از سالم ترین اجزا این رژیم بوده و با طول عمر مرتبط است [۱]. انجیر غذایی بسیار مغذی بوده و در محصولات صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. میوه انجیر به هر دو صورت تازه یا خشک مصرف می شود. بخش عمده ای از میوه (حدود ۸۰ درصد) به صورت خشک مورد مصرف قرار می‌گیرد. در انجیر خشک شده ظرفیت آنتی اکسیدانی پلاسما افزایش قابل توجهی یافته و در اختلالات مختلف دستگاه تنفسی، دستگاه گوارش، اختلالات قلبی و عروقی و سرطان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱].

قهوه ای شدن میوه ها و فرآورده های حاصل از میوه یکی از مشکلات اساسی در صنعت میوه‌جات است و گمان می رود که شاید اولین علت افت کیفیت در طول جابه جایی پس از برداشت، فرآیند و انبار کردن باشد، بنابراین قهوه ای شدن مواد غذایی در طول فرآیند و نگهداری به ویژه در طول عمل آوری میوه ها و سبزیجات خواص حسی محصولات را به علت همراه بودن با تغییرات رنگ، عطر، طعم و نرم کردن بافت تغییر می دهد و سبب افت مواد مغذی نیز می شود. در واحد های صنعتی، هیدروژن پراکسید به منظور روشن نمودن رنگ انجیرهای تیره شده در اثر واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی و افزایش بازارپسندی محصول به کار می‌رود. تیمار های شیمیایی متنوعی مانند کلرین [۲] و دی اکسید گوگرد [۳] برای افزایش زمان ماندگاری و جلوگیری از فساد انجیر بکار گرفته شده، اما تقاضای مصرف کنندگان در جهت استفاده از جایگزین های سالم و دوستدار محیط زیست مانند پوشش‌های خوراکی توسعه یافته است.

پوشش های خوراکی با ایجاد مانع فیزیکی نیمه تراوا بر روی سطح میوه، موجب کاهش نفوذپذیری به اکسیژن، دی اکسید کربن و بخار آب؛ کاهش انتقال رطوبت و املاح شده، همچنین اتمسفر اصلاح شده‌ای تولید می کنند که موجب کاهش سرعت تنفس و کاهش سرعت واکنش اکسیداسیون می شود [٤]. در نتیجه در به حداقل رساندن تغییرات نامطلوب در طی انبارمانی نقش دارند. ترکیبات مختلفی با عنوان پوشش‌های خوراکی به کار می روند که معمولاً اساس آن ها پروتئین، لیپید یا پلی ساکاریدها هستند [٥]. مزیت دیگر پوشش های خوراکی این است که این محصولات طبیعی بوده و به صورت شیمیایی سنتز نمی شوند [٦]. به طور کلی در نظر گرفتن ۳ فاکتور در استفاده از پوشش خوراکی حائز اهمیت است ۱) مقدار ماده پوشش دهندهٔ مصرف شده ۲) اطمینان ازحد بالای قابل قبول بودن وعدم اثر نامطلوب بر سلامتی انسان ۳) سابقه مصرف از نظر کیفیت تغذیه ای و سلامتی. برخی مواد طبیعی و خوراکی که قابلیت تغییرات بیولوژیکی دارند برای نگهداری مواد غذایی تازه مثل میوه ها و سبزی جات استفاده می‌شوند. از جمله این مواد پلیمر طبیعی میتوان آلژینات، ژل آلوئه ورا و صمغ زدو را نام برد که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

آلژینات سدیم یک پلی ساکارید خطی محلول در آب و از مشتقات آلژینیک اسید است که از چندین گونه جلبک قهوه ای که در سواحل آتلانتیک شمالی و آسیا یافت می‌شوند، استخراج می شود [۷]. آلژینات توانایی ژلاتیناسیون در آب سرد، مقاومت در برابر ذوب شدن (از گرما مستقل است) و مقاومت در برابر انجماد زدایی را داراست. سدیم آلژینات به دلیل استحکام و پایداری ساختمان آن برای پوشش روی فرآورده مناسب می باشد، در واقع آلژینات یک بیوپلیمر هیدروفیلیک است و با دارا بودن خواص کلوئیدی منحصر به فرد، عملکرد پوششی مناسبی را نشان می دهد [۸].

آلوئه ورا یک گیاه بومی متعلق به خانواده سوسنیان[1] و جنس آلوئه می‌باشد اما در ظاهر شباهت زیادی به کاکتوس دارد. مطالعات متعدد مبنی بر این است آلوئه‌ورا محتوی ۷۵ ترکیب طبیعی و ۲۰۰ ترکیب فعال شامل ویتامین ها، آنزیم ها، مواد معدنی، قند، ترکیبات فنولیک، پلی ساکاریدها، اسیدهای آلی، لیگنین[2]، آنتراکوئینون[3]، ساپونین[4]، اسید سالیسیلیک و آمینو اسیدهاست که مجموعاً ۱-۰/۵ درصد مواد گیاه هستند، در

1. Liliaceae
2. Lignin
3. Anthraquinone
4. Saponin

حالیکه درصد باقیمانده را آب تشکیل می دهد [۹]. ژل آلوئه ورا شفاف، بی بو، کاملاً سالم و سازگار با محیط و pH آن حدود ٤/٥ است که می تواند جایگزین پوشش های مختلف میوه در تکنولوژی پس از برداشت شود.

تحقیقات اخیر نشان داده ژل موجود دربرگ های آلوئه ورا قادربه حفظ کیفیت وجلوگیری از تخریب رنگ، بافت وطعم برخی میوه ها می باشد. این ژل چسبناک و بی رنگ که دراثر برش برگ از آن خارج می شود، مصرف بسیاری در صنایع بهداشتی و آرایشی و نیز محصولات غذایی دارد، بررسی ها نشان می دهد آلوئه ورا می تواند عامل موثری در کند کردن رسیدگی پس از برداشت باشد. ژل آلوئه ورا جزء پوشش های پلی ساکاریدی بوده و دارای خاصیت کشسانی است، به راحتی در آب حل شده و در سرتاسر محصول لایه یکنواختی ایجاد می کند. حفظ مواد معطر داخل میوه، بهبود خصوصیات ساختاری سلول مانند درزگیری، پوشش محل زخم و بریدگی از مزایای پوشش ژل آلوئه وراست. همچنین قابلیت افزودن موادی مثل ویتامین ها و قارچ کش ها به ژل وجود دارد و به محصول خاصیت درخشندگی می دهد. ساپونین و سالیسیلیک اسید موجود در ژل آلوئه ورا خاصیت ضد قارچی داشته و باعث جلوگیری از رشد و تکثیر و در نهایت موجب مرگ قارچ ها می شوند [۱۰].

بادام کوهی با نام علمی Spach Amygdalus scoparia، درخت یا درختچه ای از خانواده Rosaceae است که صمغی که از تنه یا شاخه های آن تراوش می‌شود را صمغ فارسی و یا به زبان محلی، زدو یا صمغ شیرازی می نامند [۱۱]. صمغ زدو یک پلی ساکارید غیرنشاسته‌ای و هیدروکلوئید محلول در آب می باشد [۱۲]. زدو صمغی است شفاف که به علت دارا بودن ترکیبات شیمیایی متفاوت رنگ‌های مختلفی دارد. این نوع صمغ در مناطق گرمسیری بیشتر به دست می‌آید و رنگ آن در نواحی گرمسیر روشن‌تر از مناطق سردسیر است. ترکیب شیمیایی صمغ زدو تاکنون به دست نیامده است. این نوع صمغ در مناطق گرمسیری بیشتر به دست می‌آید و رنگ آن در نواحی گرمسیر روشن‌تر از مناطق سردسیر است. ترکیب شیمیایی صمغ زدو تاکنون به دست نیامده است. صمغ زدو مصارف دارویی، صنعتی و غذایی زیادی دارد، اما در مقیاس تجاری در تولید مواد غذایی مورد استفاده قرار نگرفته و فقط در تعدادی از مطالعات آزمایشگاهی به کار گرفته شده است. این صمغ به عنوان عامل امولسیون کننده و سوسپانسیون کننده به همراه کتیرا و صمغ عربی در داروسازی به مصرف می‌رسد [۱۲]. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی کاربرد ترکیبی آلژینات، ژل آلوئه ورا و صمغ زدو بعنوان پوشش خوراکی مرکب همراه با عوامل ضد قهوه ای شدن به منظور بهبود و حفظ شاخص های کیفی میوه انجیر نیمه مرطوب طی ٤ ماه ذخیره‌سازی می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

انجیر واریته SARILOP به صورت نیمه خشک از باغات انجیر استان اژه-کشور ترکیه، جمع آوری و پس از انتقال به ایران-آذربایجان غربی-ارومیه و انجام عملیات سورتینگ و انتخاب انجیرهایی که از نظر رنگ و سایز یکنواخت بودند، نمونه ها در محلول سدیم کلرید ۸ درصد به مدت ۲ دقیقه غوطه ور گردیده و سپس به مدت ٤٨ ساعت در دمای محیط، در طبق های پلاستیکی به منظور آبگیری قرار داده شدند. صمغ زدو توسط کارشناسان شرکت اندیشه شهاب سبز پارس، از تنه‌ی درختان بادام کوهی استان فارس جمع آوری گردیده، به آذربایجان غربی-ارومیه منتقل و قبل از آزمایش آسیاب و به وسیله الک آزمایشگاهی با مش شماره ۲۰۰، پودر ریز و یکنواختی حاصل شد. سدیم آلژینات فود گرید (Sigmae-Aldrich) به عنوان بیوپلیمر کربوهیدراته در فرمولاسیون پوشش مورد استفاده قرار گرفت. برگ آلوئه ورا از بازار محلی خریداری گردید، ژل آلوئه ورا از قشر خارجی برگ آلوئه ورا جداسازی و این هیدروپارانشیم بدون رنگ در یک مخلوط کن یکنواخت شد. مخلوط حاصل برای حذف فیبرها فیلتر گردید. مایع به دست آمده ژل آلوئه ورا را تشکیل می دهد. ماده خشک ژل آلوئه ورا w/v ٪ ۱/۱ اندازه گیری شد. سایر مواد مورد نیاز شامل گلیسرول (پلاستیسایزر)، کلرید کلسیم (ایجاد اتصالات عرضی)، اسید آسکوربیک و اسید سیتریک (عوامل ضد قهوه ای شدن) نیز از شرکت مرک تهیه گردید.

۲-۲- آماده سازی محلول تشکیل دهنده پوشش

آلژینات با هم زدن مداوم در آب مقطر حل شد تا زمانی که محلول شفافی حاصل گردید. محلول صمغ زدو نیز به همین ترتیب تهیه شد. با توجه به ماده خشک ژل آلوئه ورا (w/v٪ ۱/۱)، حجم متناظر از ژل، مطابق با طرح آماری به کار گرفته شد. ۸ نوع محلول پوشش دهنده با غلظت های مختلفی از هریک از صمغ های آلژینات و زدو و ژل آلوئه ورا طبق طرح آماری تهیه شدند، به گونه‌ای که غلظت نهایی تمامی آن ها ٤ درصد وزنی بر حجمی تعیین گردید. زمانی که دمای محلول تشکیل دهنده پوشش که در اثر هم زدن مداوم و شدید گرم شده بود، تا $20^{\circ}C$ پایین آمد، گلیسرول با غلظت ثابت ۸٪v/v اضافه شد. از سوی دیگر، محلول ۲ درصد وزنی بر حجمی کلرید کلسیم محتوی اسید آسکوربیک و اسید سیتریک هریک به غلظت w/v٪ ۱ نیز آماده گردید.

۲-۳- روش پوشش دار کردن نمونه های انجیر

انجیرها ابتدا به مدت ۲ دقیقه در محلول تشکیل دهنده پوشش غوطه ور گردیده، به مدت ۱ دقیقه اجازه داده شد تا باقیمانده محلول از سطح نمونه ها چکیده شود، سپس به مدت ۲ دقیقه در محلول کلسیم کلرید حاوی اسید آسکوربیک و اسید سیتریک غوطه ور گشته [۱۳] و در نهایت بر روی طبق های پلاستیکی قرار گرفته و به مدت ۱۲ ساعت در خشک‌کن با دمای $50^{\circ}C$ ،پوشش حاصله خشک شد. نمونه های شاهد تنها در آب مقطر غوطه ور گردیدند. نمونه ها تا زمان انجام آزمایش در کیسه های پلاستیکی پلی اتیلنی در دمای $4^{\circ}C$ نگهداری شدند. گروهی دیگر از نمونه ها بدون هیچ گونه تیمار قبلی و صرفاً جهت مقایسه تأثیر نگهدارندگی بسته بندی وکیوم با پوشش های خوراکی، توسط فیلم های پلی اتیلنی با استفاده از دستگاه بسته بندی تحت خلأ بسته بندی شدند. آزمایشات در زمان های ۰، ٦۰ و ۱۲۰ روز انجام پذیرفت.

۲-٤- آزمون های فیزیکوشیمیایی

۲-٤-۱- آزمون های اولیه

مطابق استاندارد انجیر خشک کشور ترکیه به شماره ٥٤۱، انجیرها براساس ابعاد، سایز، معیوب و سالم بودنشان تقسیم بندی شدند. بر این مبنا، نمونه ها در گروه انجیرهای خشک درجه یک طبقه‌بندی گردیدند. رطوبت، قند کل و خاکستر نامحلول در اسید نمونه ها اندازه گیری شد.

۲-٤-۲- اندازه گیری شاخص های کیفی انجیر در طی انبارداری

۲-٤-۲-۱- رطوبت

مقدار رطوبت نمونه به وسیله آون در دمای $70^{\circ}C$ تا رسیدن به وزن ثابت اندازه گیری شد. برای تعیین افت وزن، در هر دوره محتویات هر بسته نمونه شامل ۷ انجیر، به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شده و برای سنجش افت وزن، اختلاف وزن هر بسته طی دوره های متوالی محاسبه شد. اندازه گیری مواد جامد محلول کل توسط دستگاه رفراکتومتر صورت گرفت [۱٤].

۲-٤-۲-۲- اسیدیته قابل تیتراسیون

اسیدیته انجیر به روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال صورت گرفت و از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$A = \frac{V \times 0.0064 \times 100}{m}$$

که در آن v حجم سود مصرفی به میلی لیتر، m وزن نمونه بر حسب گرم، A اسیدیته کل بر حسب اسید سیتریک، بر حسب گرم در صد گرم می باشد (یک میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال، معادل ۰/۰۰٦٤ گرم اسید سیتریک است).

۲-٤-۲-۳- پارامترهای رنگ

برای این منظور از دستگاه هانترلب جهت اندازه گیری شاخص های رنگی L*، a* و b* استفاده گردید. اندازه گیری پارامترهای رنگ از دو سمت مخالف هریک از نمونه ها انجام پذیرفت [۱٥].

۲-٤-۲-٤- بافت

سفتی بافت میوه انجیر با استفاده از دستگاه آنالیزر بافت (TA.XTPlus texture analyser, Stable Micro Systems, UK) و با پروبی به قطر ۲ میلی‌متر تعیین گردید. ماکزیمم تغییر شکل (٪) ایجاد شده به وسیله نیروی ۱۰۰ نیوتونی و در سرعت ٦۰mm/min بر دو سمت مخالف بخش استوایی میوه در محل درج پروب، ثبت شد و به عنوان نیروی نفوذ بر حسب نیوتون (N) بیان گردید [۱٦].

۲-٤-۲-۵- ترکیبات فنلی کل

محتوای ترکیبات فنلی با استفاده از معرف فولین سیوکالتو تعیین گردید، به این ترتیب که ۱ میلی لیتر از عصاره متانولی با ۵ میلی لیتر معرف فولین سیوکالتو ۰/۲ نرمال مخلوط و به مدت ۸ دقیقه انکوبه شد. ٤ میلی لیتر محلول سدیم کربنات استاندارد ۷/۵ درصد به مخلوط واکنش افزوده و هم زده شد. محلول در دمای اتاق و در تاریکی قرار گرفت و سپس جذب محلول در طول موج ۷٦۵ nm به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید و با استفاده از رابطه رگرسیونی ۲ که از منحنی استاندارد بدست آمد، مقدار ترکیبات فنلی برحسب میلی گرم معادل اسید گالیک بر گرم، بیان گردید [۱۷].

$$y = 0.00048\,x + 0.0055$$ رابطه (۲)

۲-٤-۲-٦- فعالیت آنتی اکسیدانی

برای تعیین میزان آنتی اکسیدان کل، از روش فعالیت مهارکنندگی رادیکالی (RSA٪) توسط DPPH استفاده شد. این روش بر اساس اندازه گیری توانایی مهار آنتی اکسیدان ها توسط رادیکال پایدار DPPH استوار است [۱۸].

$$RSA(\%) = \frac{A_{Sample} - A_{Control}}{A_{Control}} \times 100$$ رابطه (۳)

۲-٤-۲-۷- فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز

فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز، مطابق روش پیزوکارو و همکاران (۱۹۹۳) و بر اساس اکسیداسیون کاتکول[5] تعیین گردید [۱۹].

۲-٤-۲-۸- آنالیز حسی

تست هدونیک ۱۰ نقطه ای برای ارزیابی حسی نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور اعضای پانل متشکل از ۲۸ فرد، بدون آموزش اولیه و بر مبنای تعریف خود از کیفیت مطلوب، به نمره دهی نمونه ها پرداختند. پذیرش کلی نمونه ها با امتیازهای ۱ تا ۱۰ ارزیابی گردید، به طوری که امتیاز ۱ برای پایین ترین کیفیت و امتیاز ۱۰ برای بالاترین کیفیت و پذیرش کلی مطلوب در نظر گرفته شد.

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

برای مطالعه تأثیرگذاری سه فاکتور مخلوط (Mixture Factor) و یک فاکتور کمی پیوسته (زمان نگهداری) از یک طرح مرکب (Combined Design) استفاده شد. پس از گردآوری داده ها، آنالیز رگرسیون برای مدل های درجه دوم انجام گرفت و میزان برازش مدل ها با محاسبه ضریب تبیین و عدم تطابق (Lack of Fit) در سطح معنی دار $\alpha= 0.05$ ارزیابی گردید. برای بهینه سازی از روش های عددی استفاده شد.

۳- بحث و نتایج

رطوبت اولیه نمونه ها به طور میانگین ۱۹/٦۸درصد و پس از شستشو و غوطه وری در محلول آب نمک و رطوبت گیری نمونه ها به مدت ۲ روز، به طور میانگین ۲۲/٦ درصد اندازه گیری گردید. مقدار قند کل اندازه گیری شده ۳۷ درصد و خاکستر نامحلول در اسید نمونه های اولیه ۰/۷ درصد ارزیابی شد.

۳-۱- افت وزن

تأثیر متقابل آلژینات و زدو و همچنین اثرات متقابل آلژینات، زدو و آلوئه ورا بر درصد افت وزن نمونه ها معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). بیشترین درصد افت وزن در حضور آلژینات و زدو و عدم حضور آلوئه ورا در ترکیب پوشش مشاهده شد (۱/۸ درصد). همچنین زمانی که هر سه ماده پوشش دهنده در ترکیب حضور داشتند نیز افت وزن نمونه ها قابل توجه بود. از سوی دیگر، کمترین درصد افت وزن نمونه ها (۱/۲ درصد) در بالاترین و خصوصاً پایین ترین غلظت زدو در ترکیب پوشش خوراکی مشاهده شد (شکل ۱). به طور کلی می توان گفت پوشش خوراکی متشکل از آلژینات و آلوئه ورا در بالاترین غلظت مورد مطالعه همراه با کمترین غلظت صمغ زدو و همچنین صمغ زدو به تنهایی در کاهش درصد افت وزن نمونه های انجیر مؤثرند. افت وزن نمونه های انجیر پوشش دار در طول دوره‌ی نگهداری، تا حد زیادی به تغییرات محتوای رطوبتی در پوشش خوراکی آن‌ها نسبت داده می‌شود. درصد افت وزن نمونه های انجیر شاهد

5. Catechol

در روز ٦٠ نسبت به زمان صفر ٠/٩٦ درصد و در روز ١٢٠ نسبت به زمان صفر ١/٢٦ درصد اندازه‌گیری گردید. همچنین این مقادیر برای نمونه‌های بسته بندی شده تحت خلاء به ترتیب برابر با ٠/١٢ و ٠/٢٥ درصد می‌باشد.

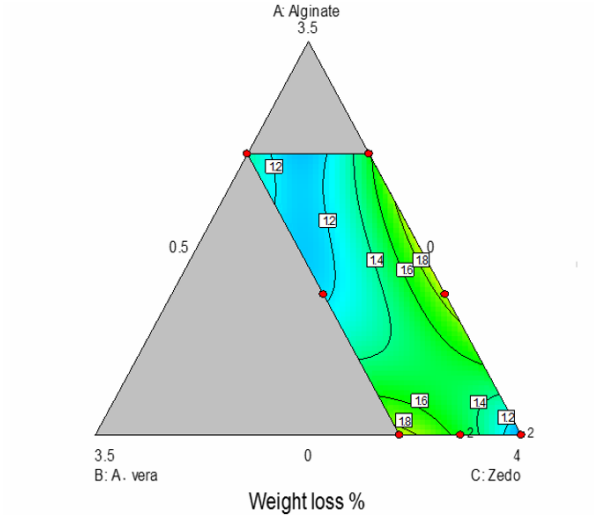

Fig 1 Two-dimensional contour of the gums combination effect on weight loss percent changes of fig samples

٣-٢- رطوبت

تأثیر خطی تغییر در غلظت صمغ‌ها در ترکیب پوشش، اثر متقابل آلژینات و زدو، توان دوم زمان نگهداری و تأثیر متقابل آلژینات، آلوئه ورا و زدو بر درصد رطوبت نمونه ها معنی دار ارزیابی گردید ($p<٠/٠٥$). نتایج نشان داد که میزان رطوبت نمونه های انجیر تحت تأثیر ترکیب پوشش قرار گرفت، بدین صورت که درصد رطوبت نمونه ها با غلظت آلژینات رابطه ی مستقیم دارد و از سوی دیگر هرچه غلظت زدو در ترکیب پوشش بکار رفته بیشتر شود رطوبت کاهش می یابد (شکل ٢). محتوای رطوبت نمونه های پوشش داده شده با صمغ زدو و ژل آلوئه ورا در طول زمان نگهداری تغییرات زیادی را نشان می دهد در حالیکه در غلظت ثابت ژل آلوئه ورا (١٪ w/v)، هرچه غلظت آلژینات در ترکیب پوشش بیشتر باشد، تغییرات رطوبت در طول زمان کمتر خواهد بود (شکل ٣). به طور کلی، محتوای رطوبت تمامی نمونه ها تا دوره دوم آزمایشات کاهش و پس از آن افزایش می یابد. علت کاهش رطوبت را می توان تبادلات رطوبتی پوشش خوراکی با اتمسفر اطراف محصول دانست، تبادلات رطوبتی تا زمانی که تعادل برقرار شود ادامه پیدا می کند. همچنین ممکن است مقداری از رطوبت پوشش خوراکی در جهت فشار اسمزی به میوه انجیر منتقل شود، در نتیجه در اثر بهم خوردن تعادل، مقداری رطوبت از محیط جذب پوشش می شود، به این ترتیب افزایش رطوبت در دو ماه پایانی قابل توجیه است.

به طور کلی پوشش های پلی ساکاریدی به عنوان عامل فداشونده (sacrificing agent) عمل می نمایند. چون بیشتر پلی ساکاریدها مانند آلژینات و سایر مواد آبدوست نفوذپذیری بالایی به آب دارند به صورت لایه نسبتا ضخیم برای جذب عمدی آب و لذا حفاظت موقتی در برابر افت رطوبت محصول قابل استفاده می باشند؛ بنابراین تا زمانی که پوشش خشک نشده باشد، رطوبت محصول کاهش نمی یابد [٢٠]. آلژینات در مقایسه با صمغ زدو و ژل آلوئه ورا، ویسکوزیته محلول پوشش خوراکی را به میزان بیشتری افزایش داده و زمانی که آلژینات در ترکیب پوشش خوراکی حضور داشت، لایه ی ضخیم تری بر روی سطح نمونه ها تشکیل شد. در نتیجه می توان انتظار داشت که رطوبت اولیه در نمونه های مذکور متناسب با غلظت آلژینات مصرفی نسبت به سایر نمونه های فاقد آلژینات، افزایش و تغییرات رطوبت در طول زمان کاهش یابد. درصد رطوبت نمونه‌های شاهد در زمان صفر، روز ٦٠ و زمان پایانی به ترتیب برابر با ٢٠/٦٢، ٢٠/١ و ١٩/٥٩ درصد اندازه‌گیری شد، این مقادیر برای نمونه های بسته بندی شده تحت خلاء به ترتیب برابر با ٢٢/٧٢، ٢٢/٦٩ و ٢٢/٥٦ درصد می باشد.

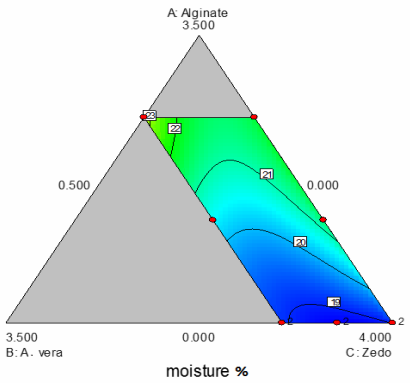

Fig 2 Two-dimensional contour of the gums combination effect on moisture content percent changes of fig samples

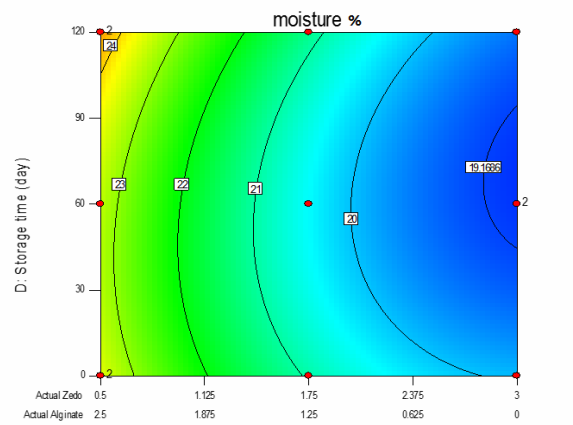

Fig 3 contour plate of interaction effect between Alginate and Zedo gum on moisture content percent values of fig samples during 120 days of storage and constant concentration of Aloe vera gel (1% w/v)

۳-۳- اسیدیته

تغییر غلظت صمغ ها در ترکیب پوشش خوراکی اثرات معنی داری را بر میزان اسیدیته نشان داد ($p<۰/۰۵$). تأثیر متقابل آلژینات و زمان نگهداری، آلوئه ورا و زمان؛ آلژینات، آلوئه ورا و زمان؛ آلوئه ورا، زدو و زمان ذخیره سازی بر مقادیر اسیدیته نمونه ها معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). حضور بالاترین غلظت آلژینات در ترکیب پوشش خوراکی به تنهایی تعیین کننده درصد اسیدیته نمونه ها نیست، به طوری که ترکیب آن با بالاترین غلظت از آلوئه ورا بیشترین درصد اسیدیته را به دست می دهد و در صورتی که در ترکیب با صمغ زدو و عدم حضور آلوئه ورا مورد استفاده قرار گیرد کمترین درصد اسیدیته در نمونه ها مشاهده می شود (شکل ٤).

در زمان اولیه آزمایشات، بیشترین درصد اسیدیته مربوط به تیماری بود که آلژینات و آلوئه ورا و زدو به ترتیب در غلظت های ۱/۲۵، ۰/۵ و ۲/۲۵ در ترکیب پوشش خوراکی حضور داشتند. در واقع می توان گفت که ترکیب آلژینات و آلوئه ورا و زدو در غلظت های متوسط خود، بیشترین پتانسیل را برای حمل عوامل ضد قهوه ای شدن (آسکوربیک و سیتریک اسید) دارد که همین مسئله اسیدیته بیشتر نمونه های پوشش داده شده با این ترکیب را توجیه می کند. با افزایش زمان نگهداری مقدار اسیدیته کاهش می‌یابد. اسید های آلی در اثر تنفس یا تبدیل شدن به قند کاهش می یابند و میوه های رسیده معمولاً اسیدیته کمتری دارند. معمولاً اسیدهای آلی سوبسترایی برای واکنش های آنزیمی تنفس هستند. بنابراین کاهش اسیدیته و افزایش pH انتظار می رود [۲۱].

بیشترین کاهش در مقدار اسیدیته در روز ۱۲۰، در همان نمونه هایی مشاهده گردید که در زمان اول بیشترین مقدار را داشتند. علت این امر را می توان ضخامت بالای پوشش خوراکی در این تیمار و امکان ایجاد تنفس بی هوازی در محصول دانست. در اثر تولید الکل که فرآورده نهایی تنفس بی هوازی است، اسیدیته به میزان بیشتری نسبت به سایر تیمارهای مورد استفاده کاهش پیدا می کند. درصد اسیدیته نمونه های شاهد و وکیوم در زمان اول ۰/۲٦ و ۰/۲۵، در زمان دوم ۰/۲۵ و ۰/۱۹ و در زمان سوم ۰/۲۳ و ۰/۱٦ درصد اندازه‌گیری گردید. به نظر می رسد استفاده از بسته بندی تحت خلاء، تنفس بی هوازی نمونه های انجیر را در طول زمان موجب شود. در صورت عدم وجود اکسیژن کافی پس از مرحله گلیکولیز و تولید پیروات این ترکیب به جای اینکه وارد چرخه کربس شود در تنفس غیر هوازی یا تخمیر استفاده می شود در گیاهان پیروات با از دست دادن CO_2 به استالدهید و سپس به اتانول تغییر می یابد. الکل تولیدی در این مرحله موجب کاهش اسیدیته در نمونه های وکیوم می شود.

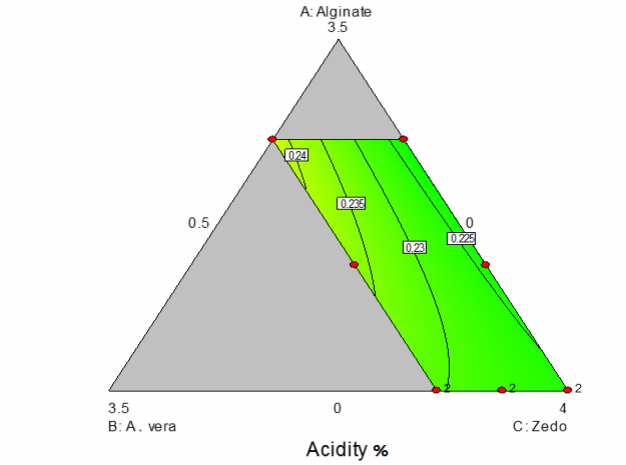

Fig 4 Two-dimensional contour of the gums combination effect on acidity changes of fig samples

۳-٤- مواد جامد محلول کل

تأثیر زمان نگهداری و توان دوم آن بر مقدار مواد جامد محلول کل معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). مقادیر اولیه مواد جامد محلول کل در نمونه های پوشش دار با گروه شاهد و وکیوم متفاوت بود. علت این امر را می توان به مواد جامد محلول موجود در پوشش خوراکی نسبت داد. با گذشت زمان تا روز ٦۰، میزان مواد جامد

محلول کل در تمامی نمونه ها افزایش یافت. افزایش در مواد جامد محلول کل وابسته به مرحله رسیدن است، یعنی زمانی که نشاسته به قند تبدیل می شود [۲۱]. اگرچه نقاط ماکزیمم هر سه منحنی مربوط به نمونه های پوشش داده شده، شاهد و وکیوم بسیار مشابه است، اما به علت متفاوت بودن نقاط ابتدایی می توان گفت تغییرات مواد جامد محلول در گروه شاهد و در مرتبه بعدی در نمونه های وکیوم بیشتر است. در مرحله بعد تا روز ۱۲۰، کاهش مواد جامد محلول کل مشاهده می شود که میزان آن درگروه شاهد و وکیوم در مقایسه با نمونه های پوشش دار بیشتر است (شکل ۵).

به طور کلی میوه ها موجودات زنده ای هستند که پس از برداشت به زندگی خود ادامه می دهند، بنابراین واکنش های متابولیکی در آنها ادامه دارد تا زمانی که این فرآورده ها به گیاه مادری متصل هستند موادی که در اثر تنفس و تعرق از دست می دهند از طریق گیاه مادری جبران می کنند که این مواد عمدتاً قندها، اسیدهای آمینه و آب می باشد. بعد از برداشت مواد از دست رفته قابل جایگزینی نیست و فرآورده گیاهی شروع به استفاده از مواد ذخیره ای خود می کند که باعث زوال و فساد محصول می شود. به عبارت دیگر می‌توان انتظار داشت مواد جامد محلول در دوره رسیدن محصول افزایش و در محصول رسیده در اثر تنفس کاهش یابد که با نتایج پژوهش جیانگ و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر پوشش آلژینات/ نانو نقره بر روی قارچ در طول دوره ذخیره سازی مطابقت نشان داد [۲۲]. در واقع پوشش های خوراکی با کاهش سرعت تنفس، سنتز و استفاده از متابولیت ها موجب کاهش هیدرولیز کربوهیدرات ها به قندهای ساده و در نتیجه TSS کمتر نمونه ها می شوند [۲۳]. احتمال دیگری که در رابطه با افزایش میزان مواد جامد محلول تا روز ٦٠ و کاهش آن در ادامه‌ی دوره ذخیره سازی می توان مطرح کرد، تغییرات رطوبتی نمونه های انجیر در طول دوره نگهداریست. با مقایسه نتایج محتوای رطوبت و مواد جامد محلول مشاهده می شود که محتوای رطوبتی نمونه ها در ماه دوم کاهش یافته و به تبع آن مواد جامد محلول افزایش می یابد، در حالیکه در روز ۱۲۰ رطوبت نمونه ها مجدداً افزایش یافته و میزان TSS کاهش نشان می دهد.

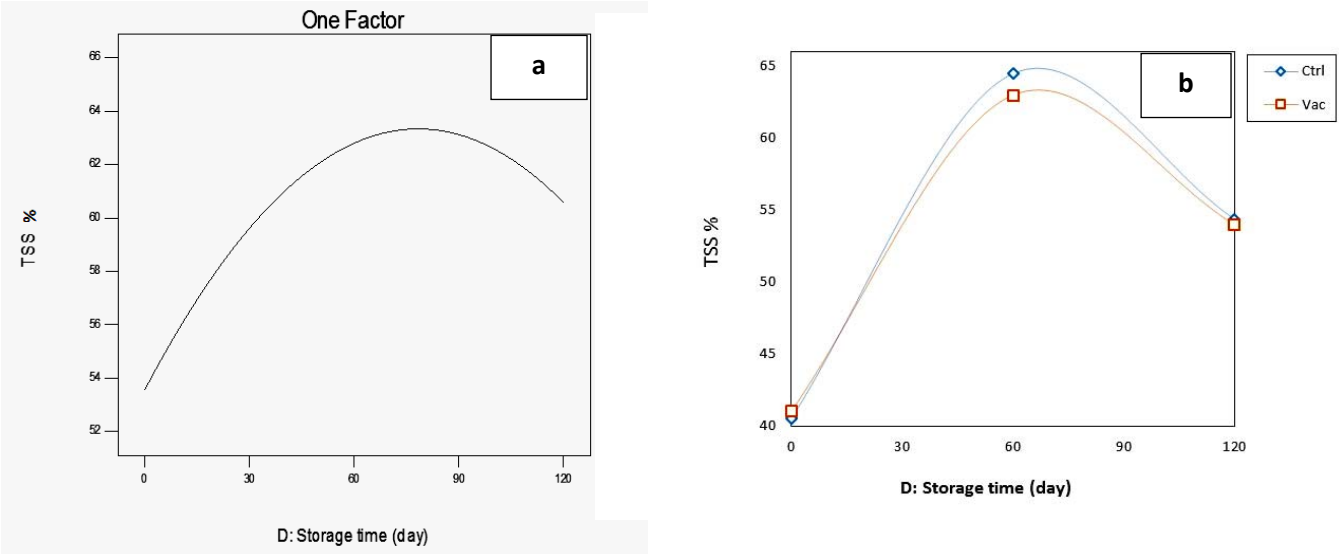

Fig 5 The effect of storage time on Total Soluble Solids (TSS) of fig samples (a) coated and (b) control and vacuum

۳-۵- پارامترهای رنگ

۳-۵-۱- پارامتر L*

برمبنای جدول آنالیز واریانس، پارامتر L* تنها تحت تأثیر توان دوم زمان نگهداریست ($p<۰/۰۵$). با افزایش زمان تا روز ٦٠ میزان روشنایی نمونه ها کاهش و سپس تا روز ۱۲۰ افزایش می یابد (شکل ٦). در پی توجیه این رفتار می توان گفت با گذشت زمان

و وقوع واکنش های قهوه ای شدن به تدریج از میزان روشنایی نمونه ها کاسته می شود، اما در ماه چهارم به علت تغییرات رطوبتی و خشکی پوشش خوراکی، رنگ ظاهری پوشش به روشنی می گراید و افزایش میزان L* را موجب می شود. در

واقع تغییرات میزان L* در مرحله پایانی آزمایشات ظاهری بوده و نمایانگر واکنش های مرتبط با قهوه ای شدن بافت انجیر نمی‌باشد. مقادیر پارامتر L* در نمونه های انجیر شاهد و بسته بندی شده تحت خلاء در جدول ۱ مشاهده می شود. با مقایسه مقادیر پارامتر L* در نمونه های پوشش دار، شاهد و وکیوم، می‌توان دریافت که پوشش خوراکی در زمان اولیه تا حدی میزان روشنایی نمونه ها را کاهش می دهد، اما در طول زمان نگهداری تا حد زیادی موجب حفظ روشنایی نمونه‌ها می شود. لازم به ذکر است در ارزیابی حسی نمونه ها، برخی از اعضای پانل ظاهر آردی نمونه ها در روز ۱۲۰ را ترجیح دادند.

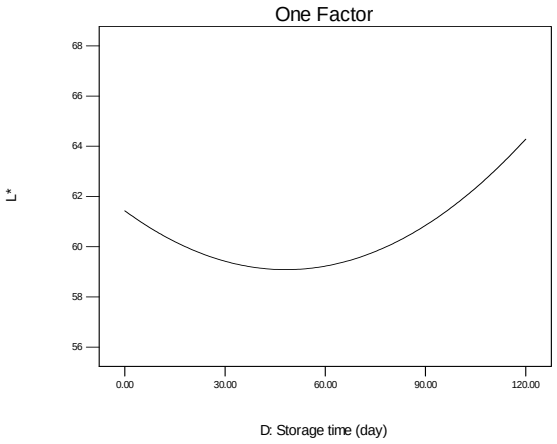

Fig 6 The effect of storage time on L* parameter in fig samples

۳-۵-۲- پارامتر a*

غلظت آلژینات و زمان نگهداری بر پارامتر a* تأثیر معنی داری داشت ($p<0.1$). تغییرات a* در طول زمان نگهداری روند کاهشی را نشان داد، به گونه ای که در غلظت ثابت زدو (۲/۲۵) و زمانی که غلظت آلوئه ورا صفر و غلظت آلژینات حداکثر بود، زمان نگهداری بیشترین تأثیر را بر روند تغییرات a* نشان داد (شکل ۷). تغییرات پارامتر a* نیز نمی تواند توجیه کننده تغییرات قهوه ای شدن بافت نمونه انجیر باشد.

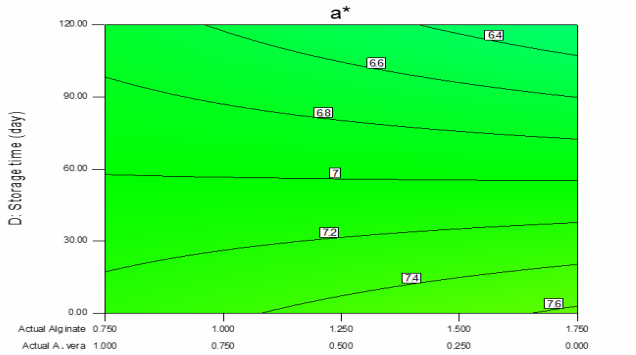

Fig 7 contour plate of interaction effect between Alginate and Aloe vera gel on a* parameter of fig samples during 120 days of storage and constant concentration of Zedo gum (2/25% w/v)

۳-۵-۳- پارامتر b*

تأثیر خطی غلظت صمغ ها در محلول پوشش خوراکی و تأثیر متقابل آلژینات و زمان نگهداری بر پارامتر b* معنی دار بود ($p<0.05$). با افزایش زمان ماندگاری پارامتر b* کاهش می یابد (شکل ۸). کاهش در b* در نمونه هایی که با غلظت بالاتری از آلژینات پوشش داده شده اند، سریعتر اتفاق افتاد. همان طور که در شکل مشاهده می شود، در غلظت ثابت ۲/۲۵ ٪w/v صمغ زدو، کمترین تغییرات در روند پارامتر b* در غلظت ۰/۷۵ ٪w/v آلژینات و غلظت ۱ ٪w/v ژل آلوئه ورا اتفاق می افتد. با کاهش میزان b* از میزان زردی نمونه ها کاسته می شود.

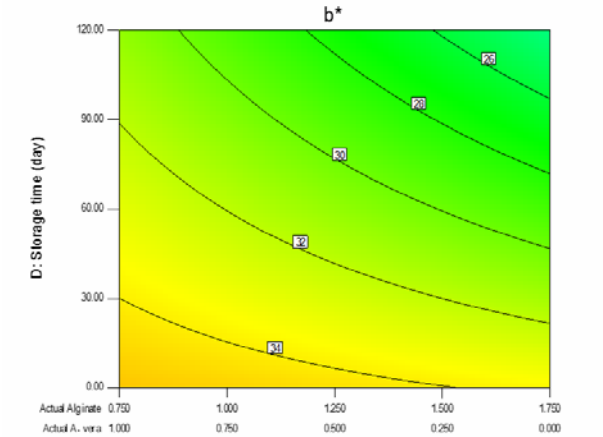

Fig 8 contour plate of interaction effect between Alginate and Aloe vera gel on b* parameter of fig samples during 120 days of storage and constant concentration of Zedo gum (2/25% w/v)

Table 1 The amount of color parameters in control and vacuum fig samples during storage period

b^*			a^*			L^*			
120	60	0	120	60	0	120	60	0	
26.29	34.67	36.25	8.04	7.19	5.94	56.79	62.61	66.97	**Control**
26.12	28.66	34.1	7.13	6.05	5.39	57.8	58.46	66.01	**Vacuum**

۳-٦- سفتی بافت

مطابق شکل ۹، بیشترین نیروی نفوذ (۷/٦۸ N) در حضور هرسه ماده پوشش دهنده، خصوصاً غلظت های پایین آلژینات و کمترین آن (۳/۷۱ N) در غلظت بالای آلژینات و عدم حضور آلوئه ورا در ترکیب پوشش مشاهده می‌شود. رابطه نیروی نفوذ با غلظت صمغ زدو، مستقیم و با غلظت آلژینات، معکوس است. طی زمان نگهداری، کاهش رطوبت لایه خارجی انجیر، سفتی بافت و کاهش بازارپسندی محصول را موجب می گردد. پوشش خوراکی مناسب، لایه ای محافظ را در اطراف محصول تشکیل می دهد که از افت رطوبت و سفتی نامطلوب بافت جلوگیری می نماید.

در طول زمان نگهداری تا ماه چهارم، کمترین تغییرات نیروی نفوذ در نمونه هایی مشاهده شد که قسمت اعظم ترکیب پوشش خوراکی آن ها متشکل از صمغ زدو و آلژینات بوده و فاقد ژل آلوئه ورا در ترکیب خود بودند. سفتی بافت نمونه های پوشش داده شده با ۱ ٪w/v ژل آلوئه ورا در طول دوره نگهداری به طور مداوم افزایش می یابد در حالیکه در غلظت های کمتر ژل آلوئه ورا در اواخر دوره ذخیره سازی سفتی بافت محصول کاهش نشان می دهد که علت آن را می توان به تغییرات محتوای رطوبتی نمونه ها نسبت داد (شکل ۱۰). در غلظت ثابت ژل آلوئه ورا (۰/۵ ٪w/v) کمترین تغییرات نیروی نفوذ در طول دوره ذخیره سازی در غلظت های مساوی آلژینات و زدو (٪w/v ۱/۷۵) مشاهده شد، در چنین شرایطی نیز نیروی نفوذ تا روز ٦۰ام نگهداری افزایش و سپس تا پایان ماه چهارم کاهش یافت. در واقع بافت مطلوب در انجیر نیمه مرطوب در روز ۱۲۰ زمانی مورد تأیید خواهد بود که تغییرات کمی را در طول زمان نگهداری متحمل شود. به عبارتی هدف از نرم و مطلوب بودن بافت در زمان پایانی تخریب دیواره سلولی و به تبع آن نرمی بافت نیست، بلکه حفظ محتوای رطوبتی محصول مورد نظر است. چنانچه کلرید کلسیم بکارگرفته‌شده در ترکیب پوشش موجب حفظ ساختار غشای سلول شده و از تخریب ساختار سلولی جلوگیری می نماید. ماکزیمم نیروی نفوذ (N) نمونه های شاهد و وکیوم در زمان صفر ٤/۳۲ و ٤/۸۸، در دوره دوم ۸/٤۲ و ٤/۷۹ و در دوره سوم ۱۱/۷٦ و ۲/۱۵ اندازه‌گیری شد.

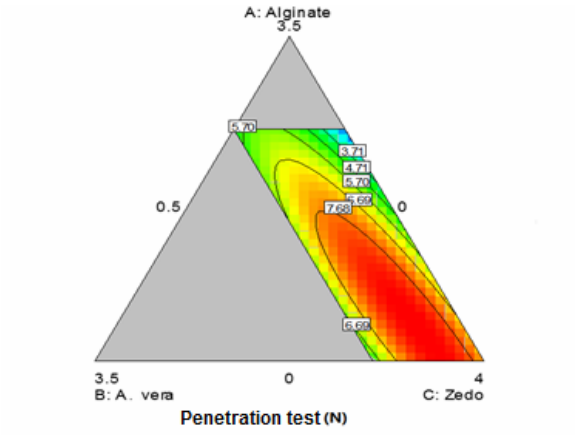

Fig 9 Two-dimensional contour of the gums combination effect on penetration test in fig samples

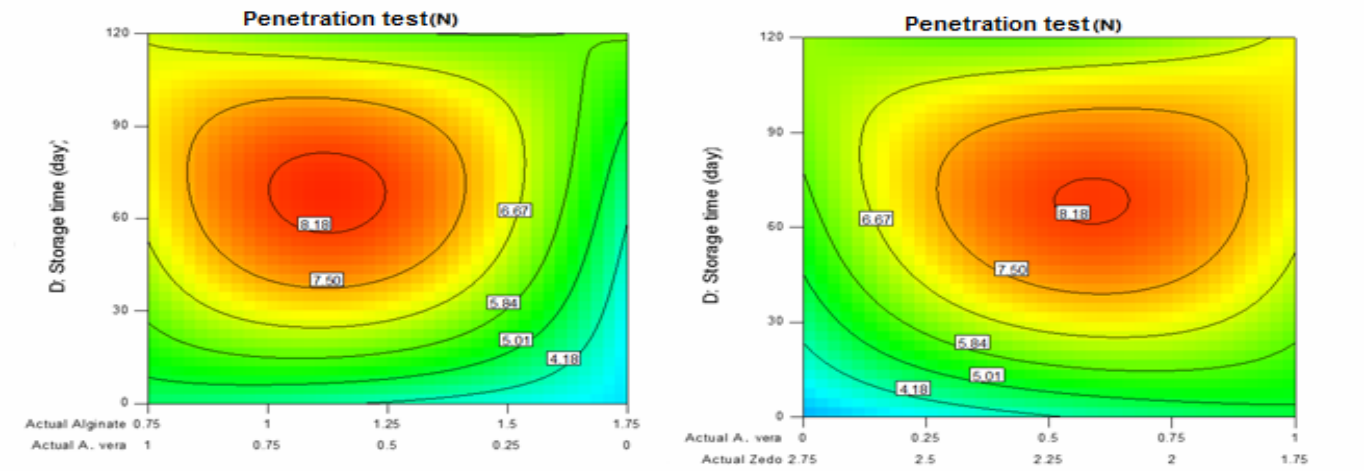

Fig 10 contour plate of interaction effect between (a) Alginate and Aloe vera gel (b) Aloe vera gel and Zedo gum on penetration test in fig samples during 120 days of storage

۳-۷- ترکیبات فنلی کل

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر متغیرهای آلژینات، ژل آلوئه ورا و صمغ زدو و همچنین زمان نگهداری بر مقادیر فنل کل نمونه های انجیر معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). بدون درنظرگیری فاکتور مستقل زمان، بالاترین مقادیر فنل کل در غلظت متوسط ژل آلوئه ورا و صمغ زدو به دست آمد (شکل ۱۱). با افزایش زمان ذخیره سازی، میزان ترکیبات فنلی کاهش یافت. به علاوه، در طول زمان نگهداری، از انحنای نمودارهای مربوط به مقادیر فنل کل کاسته شد، به عبارت دیگر اختلاف در مقادیر فنل کل نمونه های پوشش داده شده در زمان اولیه آزمایشات، با افزایش زمان ذخیره سازی، کاهش یافت، طوری که مقدار نهایی ترکیبات فنلی در همه ی تیمارها در روز ۱۲۰ تقریباً یکسان بود (شکل ۱۲). در پژوهشی که توسط مارتینز- رومرو و همکاران (۲۰۱۳) بر دانه های انار آماده مصرف، صورت گرفت، افزایش فنل کل در نمونه های پوشش داده شده با ژل آلوئه ورا، حاوی اسید آسکوربیک و اسید سیتریک در زمان اولیه آزمایشات گزارش گردید [۲٤]. سیر کاهشی مقادیر فنل کل نمونه های پوشش دار در حالت کلی کندتر از نمونه های شاهد بوده و بسیار نزدیک به منحنی تغییرات نمونه های بسته بندی شده تحت خلاء می باشد. ترکیبات فنلی در فاکتورهای کیفی میوه مانند رنگ، عطر و طعم، آروما نقش دارند [۲۵]، بنابراین انتظار می رود میوه های پوشش دار با مقادیر بالاتری از ترکیبات فنلی نسبت به گروه شاهد کیفیت مطلوب تری داشته باشند.

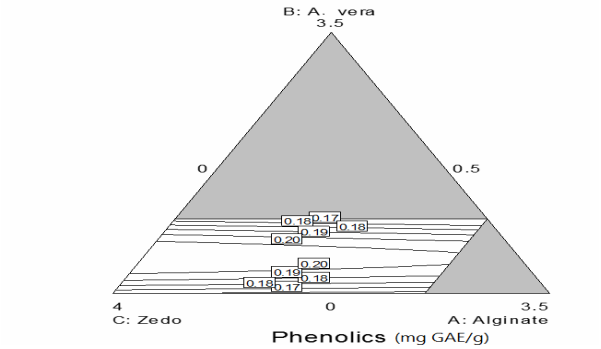

Fig 11 Two-dimensional contour of the gums combination effect on total phenolic compounds in fig samples

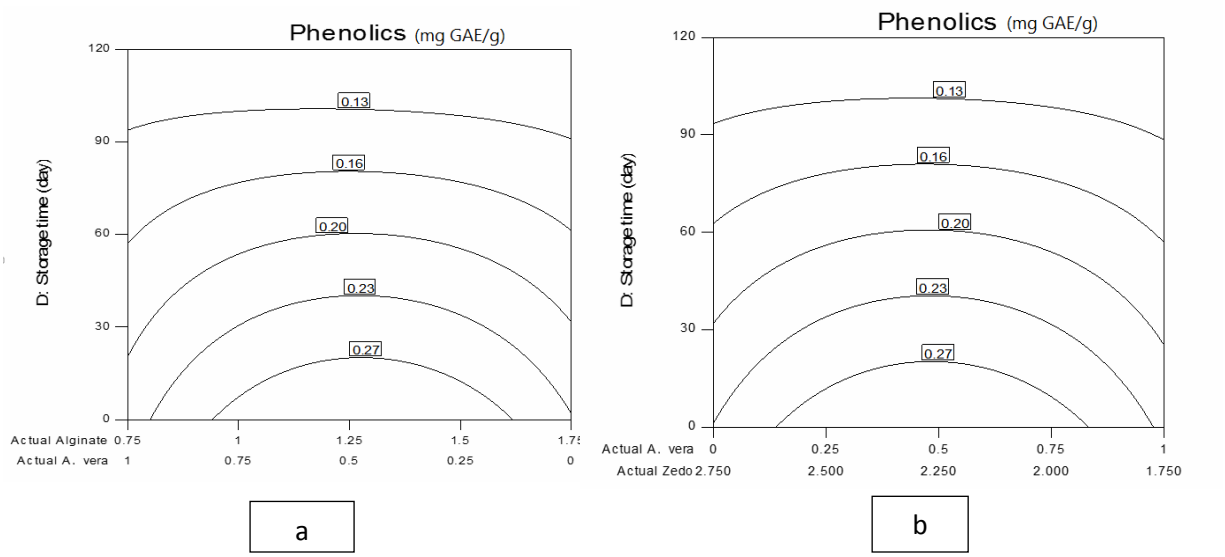

Fig 12 Contour plate of interaction effect between (a) Alginate and Aloe vera gel (b) Aloe vera gel and Zedo gum on total phenolic compounds in fig samples during 120 days of storage

۳-۸- فعالیت آنتی اکسیدانی

بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی زمانی مشاهده گردید که در ترکیب پوشش خوراکی نمونه ها، ژل آلوئه ورا حضور نداشت. از سوی دیگر، در حداکثر غلظت ژل آلوئه ورا همراه با بیشترین و کمترین غلظت آلژینات در ترکیب پوشش نیز فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه ها افزایش یافت (شکل ۱۳). از آنجایی که در ترکیب تمامی پوشش های خوراکی، اسید آسکوربیک و اسید سیتریک به عنوان عوامل آنتی اکسیدانی در غلظت ثابت مورد استفاده قرار گرفتند، میزان اولیه فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های پوشش دار به مراتب بالاتر از گروه کنترل بود. در این میان، ماکزیمم فعالیت آنتی اکسیدانی اولیه، در نمونه های پوشش داده شده با غلظت های متوسطی از آلژینات و صمغ زدو و عدم حضور آلوئه ورا در ترکیب پوشش مشاهده گردید. علت این امر را می توان پتانسیل بالاتر ترکیب فوق الذکر در نقش حامل عوامل ضد قهوه‌ای شدن (اسید سیتریک و اسید آسکوربیک) دانست. با گذشت زمان از میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها کاسته شد. روند کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه هایی که میزان فعالیشان در زمان اول بیشتر بود، سریعتر اتفاق افتاد؛ اگرچه نهایتاً در دوره پایانی آزمایشات، درصد نهایی مهارکنندگی نمونه های مذکور همچنان بالاتر از سایر نمونه ها ارزیابی شد (شکل ۱٤).

تیمارهای غوطه وری محتوی عوامل ضد قهوه ای شدن (مانند آسکوربیک و سیتریک اسید) در ترکیب با کلسیم کلرید که به عنوان نگهدارنده بافت عمل می کند، علاوه بر کاهش قهوه ای شدن، به طور همزمان ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه ها را افزایش می دهند [۲٦]. نتایج مطالعه حاضر با پژوهش اومس-اولیو و همکاران در بررسی پوشش خوراکی حاوی عوامل ضد قهوه‌ای شدن به منظور حفظ خواص آنتی اکسیدانی گلابی مطابقت داشت [۲۷].

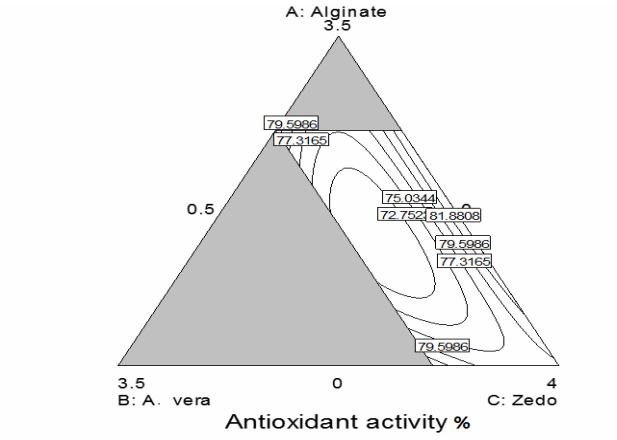

Fig 13 Two-dimensional contour of the gums combination effect on antioxidant activity percent in fig samples

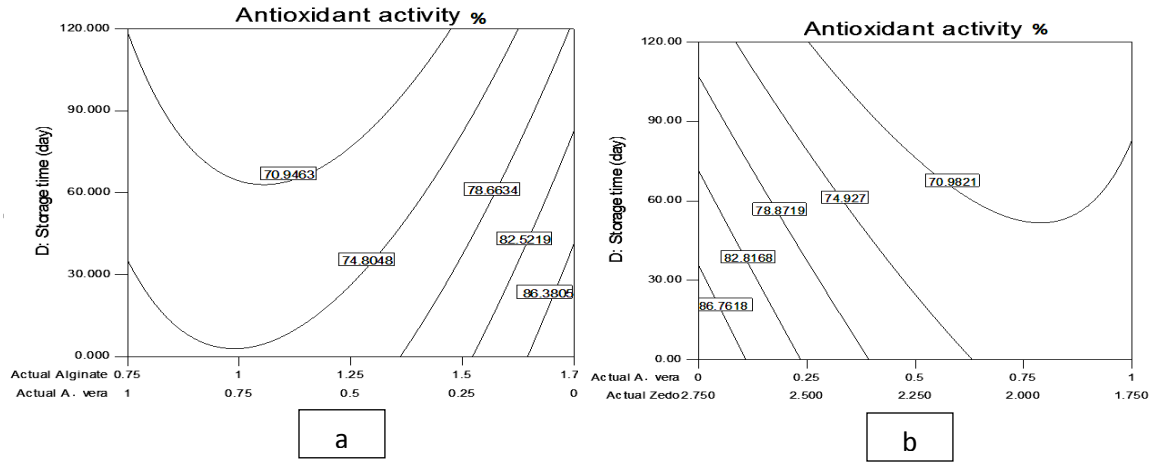

Fig 14 Contour plate of interaction effect between (a) Alginate and Aloe vera gel (b) Aloe vera gel and Zedo gum on antioxidant activity percent in fig samples during 120 days of storage

۳-۹- فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز

تأثیر توان دوم زمان نگهداری بر تغییرات فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). همان طور که در شکل ۱۵ مشاهده می شود، در نمونه های پوشش داده شده، فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در طول زمان افزایش یافته و در اواسط دوره ذخیره سازی به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد و سپس کاهش می یابد. نقطه اوج نمودار تغییرات فعالیت آنزیم نمونه های شاهد به مراتب بالاتر بود که با نتایج مطالعات سایر محققان در بررسی تغییرات فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در سیب مطابقت داشت. از سوی دیگر در نمونه های بسته بندی شده تحت خلاء تغییرات فعالیت آنزیم در طول زمان نگهداری به طور چشمگیری نسبت به سایر نمونه ها کمتر بود (شکل۱۶). علت این امر را می توان حذف عامل اکسیژن در نمونه های وکیوم و در نتیجه کاهش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز دانست. فعالیت این آنزیم توسط میزان تنفس، غلظت عناصر غذایی، استحکام بافت میوه و آنتی اکسیدان ها تنظیم می شود و عواملی نظیر زمان برداشت، دما، ترکیب گازی اتمسفر و شرایط محیطی نیز بر فعالیت آن مؤثر می باشند [۲۸ و۲۹].

به طور کلی قهوه ای شدن در اثر اکسیداسیون فنل ها توسط آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO) و پراکسیداز (POD) و در نهایت تشکیل ترکیبات قهوه‌ای رنگ صورت می گیرد. این آنزیم ها دارای اثر هم افزایی در تشکیل ترکیبات قهوه ای رنگ هستند. پلی فنل اکسیداز با تسریع اکسیداسیون مونو و دی فنل ها به o-کینون، قهوه ای شدن آنزیمی را افزایش می دهد. در اثر پلیمریزاسیون کینون ها پیگمان های قهوه ای رنگ تولید می شوند [۲۸]. همانطور که در شکل ۱۶ مشاهده می شود، فعالیت پلی فنل اکسیداز الگوی مشابهی را در نمونه های پوشش دار، شاهد و بسته بندی شده تحت خلاء نشان می دهد. فعالیت این آنزیم در نمونه های شاهد در طول دوره ذخیره سازی تا روز ۶۰ سریعاً افزایش یافت، در حالیکه پوشش مرکب بکارگرفته شده، فعالیت پلی فنل اکسیداز را تا میزان قابل توجهی مهار نمود. کلرید کلسیم مورد استفاده در ترکیب پوشش خوراکی موجب حفظ ساختار غشای سلول شده و از تخریب ساختار سلولی و اختلاط سوبسترای فنلی موجود در واکوئل و PPO متصل به غشاء ممانعت می کند. کلرید کلسیم از طریق برهم‌کنش با جایگاه فعال آنزیم به طور مستقیم نیز از عملکرد PPO جلوگیری می کند. همچنین، کلرید کلسیم با اسیدهای آمینه واکنش داده و باعث خروج آمین ها از محیط می‌شود و بدین ترتیب از واکنش قهوه‌ای شدن میلارد نیز ممانعت به عمل می‌آورد [۳۰]. از سوی دیگر کلرید کلسیم به عنوان عامل اتصال دهنده عرضی موجب استحکام بیشتر پوشش، خصوصاً پوشش آلژینات شده و به تبع آن، نفوذپذیری به O2 را کاهش می دهد، در نتیجه مهار فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در نمونه های پوشش دار مورد انتظار است.

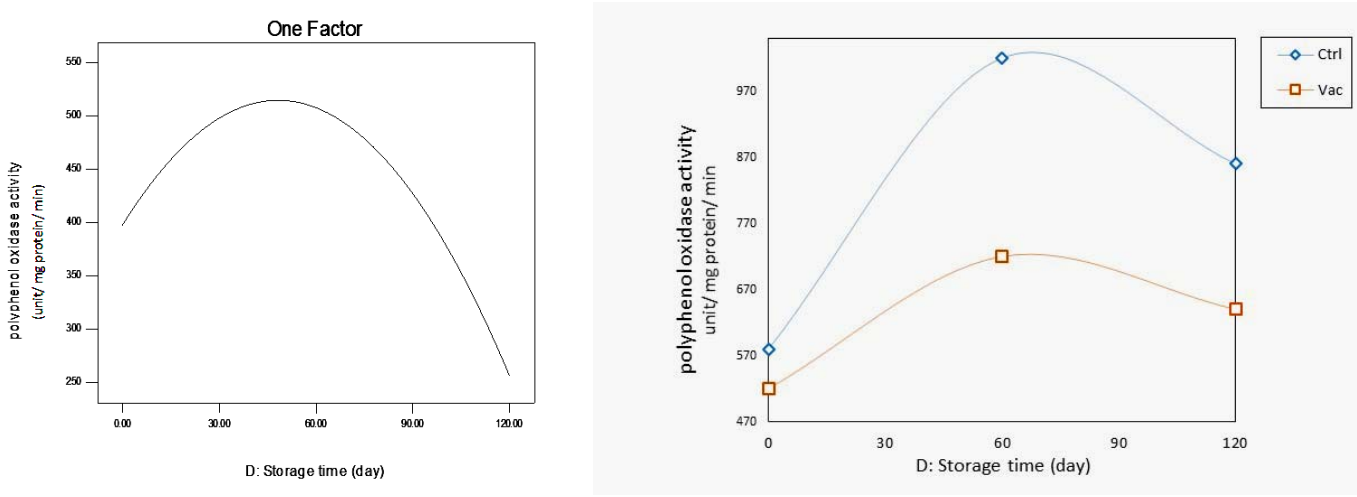

Fig 15 The effect of storage time on polyphenol oxidase activity (PPO) in fig samples (a) coated and (b) control and vacuum

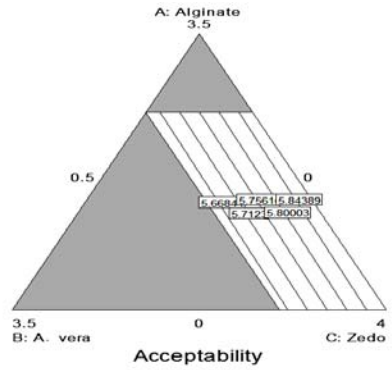

Fig 16 Two-dimensional contour of the gums combination effect on acceptability of fig samples

۳-۱۰- آنالیز حسی

در مقادیر نسبت داده شده به پذیرش کلی نمونه های پوشش یافته تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$)، در مقابل اعضای تست پانل مقادیر پذیرش کلی پایین تری را برای نمونه های بسته بندی شده تحت خلاء و شاهد در نظر گرفتند (به ترتیب ٤/٣٢١ و٣/٧١٤). با توجه به مطالب فوق الذکر و مقادیر پذیرش کلی که در شکل ١٦ برای نمونه های پوشش دار ارائه شده است، می‌توان گفت از دیدگاه پانلیست ها، مطلوبیت نمونه های پوشش داده شده بالاتر از گروه وکیوم و شاهد می باشد. شکل ١٧ نمایی از نمونه های انجیر را در زمان ١٢٠ نشان می دهد.

Fig 17 View of coated, control and vacuum fig samples at 120 day (the amount are according to % w / v)

۳-۱۱- بهینه سازی

باتوجه به تحلیل نمودارها و این نکته که شرایط بهینه‌ی یک پاسخ، ممکن است برای پاسخ دیگر نامساعد باشد، بنابراین بایستی الگویی را معرفی کرد که تا حد امکان تمامی پاسخ‌ها را به نحو رضایت‌بخشی بهینه نماید. در حالت اول، بهینه سازی با هدف بیشینه‌ی زمان نگهداری و حداکثرسازی مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص ترکیبات فنل کل و فعالیت آنتی اکسیدانی و حداقل‌سازی فعالیت آنزیم پراکسیداز و نیروی مورد نیاز در تست نفوذ صورت پذیرفت. جدول مقادیر صمغ پیشنهادی را برای فرمولاسیون ترکیب پوشش خوراکی نمونه های انجیر نشان می دهد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود، بیشینه‌ی زمان نگهداری همراه با حفظ خصوصیات کیفی نمونه ها ۳۸ روز می باشد، در این شرایط مطلوبیت ترکیب پاسخ‌ها ۰/۵۹ است. در حالت دوم، در جهت تحقق انتظارات اولیه پژوهش یعنی حفظ خصوصیات کیفی انجیر نیمه مرطوب طی دوره نگهداری ٤ ماهه، شرایط پیشین را با این تفاوت که بازه زمانی ۱۲۰-۹۰ روز در نظر گرفته می شود، به منظور بهینه سازی اعمال می گردد. در این شرایط طبیعی است که با افزایش زمان ذخیره‌سازی از مطلوبیت ترکیب پاسخ‌ها تا حدی کاسته شود (۰/۵۲). به طور کلی با مقایسه‌ی داده های حاصل از هر دو جدول می توان دریافت که حضور آلژینات و عدم حضور آلوئه ورا در ترکیب پوشش در روزهای اولیه ذخیره‌سازی، موجب حفظ فاکتورهای کیفی نمونه ها شده اما در طول زمان و در روزهای پایانی نگهداری نقش آلوئه ورا و صمغ زدو در حفظ مطلوبیت نمونه ها پررنگ‌تر خواهد بود.

Table 2 The relationship between variables and responses in the optimal spots of edible coating composition (Maximum time) and (between 90 to 120 days)

Alginate (%)	Aloe vera (%)	Zedo gum (%)	Storage time (day)	Moisture content	Phenolic compounds	Antioxidant activity	Peroxidase activity	Fmax	Desirability
2.19	0	1.812	38.41	21.86	0.19	85.84	16.45	2.83	0.59
0	1	3	120	19.52	0.12	76.06	31.42	4.68	0.52

٤- نتیجه گیری کلی

پوشش خوراکی مرکب آلژینات، آلوئه ورا و زدو به عنوان راهکاری مناسب در جهت حفظ شاخص های کیفی و تغذیه ای انجیر نیمه مرطوب طی ذخیره‌سازی شناخته شد. بر اساس نتایج حاصل از داده‌ها می توان تقاضای صنعت غذا و مصرف‌کنندگان را جهت بکارگیری ترکیبات طبیعی و ایمن به منظور افزایش عمر ماندگاری محصولات، برآورده ساخت. انجیرهای پوشش داده شده، محتوای رطوبتی بالاتر، اسیدیته بیشتر، رنگ و بافت مطلوب‌تری را نشان دادند، همچنین میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در این نمونه ها نسبت به نمونه های شاهد طی نگهداری در سطوح بالاتری حفظ گردید. پلی فنل اکسیداز و پراکسیداز دو آنزیم مسئول قهوه‌ای شدن بافت میوه هستند که فعالیت آن‌ها در نمونه های پوشش دار تا حد زیادی مهار شد. در واقع پوشش های خوراکی به دلیل قابلیت حمل عوامل آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی و همچنین نیمه تراوایی در برابر گازها و رطوبت در مقایسه با بسته‌بندی تحت خلاء مفیدتر عمل نمودند. با توجه به نتایج مطالعات، غلظت بهینه ترکیب صمغ ها در پوشش خوراکی در ماکزیمم زمان نگهداری به شرط حفظ ویژگی های کیفی، w/v٪ ۲/۱۸۸ آلژینات، w/v٪ ۰ آلوئه ورا و w/v٪ ۱/۸۱۲ زدو انتخاب گردید. از طرفی چنانچه در بهینه سازی فاکتورها بازه زمانی ۱۲۰-۹۰ روز در نظر گرفته شود، غلظت بهینه شامل w/v٪ ۰ آلژینات، w/v٪ ۱ آلوئه ورا و w/v٪ ۳ زدو می‌باشد. به عبارت دیگر، حضور آلژینات و عدم حضور آلوئه ورا در ترکیب پوشش در روزهای اولیه ذخیره‌سازی، موجب حفظ فاکتورهای کیفی نمونه ها شده اما در طول زمان و در روزهای پایانی نگهداری، نقش آلوئه ورا و صمغ زدو در حفظ مطلوبیت نمونه ها پررنگ‌تر خواهد بود.

٥- منابع

[1] Trichopoulou, A., Vasilopoulou, E., Georga, K., Soukara, S., Dilis, V. 2006. Traditional

foods: why and how to sustain them. Trends Food Science Technology, 17, 498-504.
[2] Karabulut, O. A., IIhan, K., Arslan, U., Vardar, C. 2009. Evaluation of the use of chlorine dioxide by fogging for decreasing postharvest decay of fig. Postharvest Biology and Technology, 52(2), 313-315.
[3] Cantin, C.M., Palou, L., Bremer, V., Michailides, T.J., Crisosto, C.H. 2011. Evaluation of the use of sulfur dioxide to reduce postharvest losses on dark and green figs. Postharvest Biology and Technology, 59, 150-158.
[4] Díaz-Mula, H.M., Serrano, M., Valero, D. (2012). Alginate Coatings Preserve Fruit Quality and Bioactive Compounds during Storage of Sweet Cherry Fruit. Food Bioprocess Technology, 5, 2990-2997.
[5] Bai, J., Alleyne, V., Hagenmaier, R.D., Mattheis, J.P., Baldwin, E.A. 2003. Formulation of zein coatings for apple (Malus domestica Borkh). Postharvest Biology and Technology, 28, 259-268.
[6] Falcao-Rodrigues, M.M., Moldao-Martins, M., Beirao-da-Costa, M.L. 2007. DSC as a tool to assess physiological evolution of apples preserved by edible coatings. Food Chemistry, 102, 475-480.
[7] George, M., Abraham, T.E. 2006. Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs: Alginate and chitosan-A review. Journal of Controlled Release, 114, 1-14.
[8] Acevedo, C.A., López, D.A., Tapia, M.J., Enrione, J., Skurtys, O., Pedreschi, F., Brown, D.I., Creixell, W., Osorio, F. 2010. Using RGB image processing for designating an alginate edible film. Food and Bioprocess Technology, doi: 10.1007/s11947-010-0453y, in press.
[9] Park, S., Stan, S.D., Daeschel, M.A., Zhao, Y. 2005. Antifungal coatings on fresh strawberries (Fragaria × ananassa) to control mold growth during cold storage. Journal Food Science, 70, 202-207.
[10] Reyaei, S. 2011. Effect of aloe vera gel and calcium chloride on storage life and peach fruit quality. M.Sc. thesis of urmia university [In Farsi].
[11] Rahimi, S., Abbasi, S., Azizi, M.H., Sahari, M.A. 2013. Investigation on the emulsifying properties of Persian gum as a novel food emulsifier. 1st International e-Conference on Novel Food Processing (IECFP2013). Mashhad–Iran.
[12] Mohammadi S, Abbasi S, Hamidi Z. 2009. Effects of hydrocolloids on physical stability, rheological and sensory properties of milk–orange juice mixture. Journal of Nutrition and Food Sciences, 5 (4): 1-12. [In Farsi].
[13] Rojas-Grau, M.A., Tapia, M.S., Rodriguez, F.J., Carmona, A.J., Martin-Belloso, O. 2007. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. Food Hydrocolloids, 21, 118-127.
[14] Hosseini, Z. 2008. Common methods in food analysis. Fifth Edition. Shiraz University Press. [In Farsi].
[15] Wrostad, R.E., Smith, D.E. 2010. Color analysis. p. 574-587. In Nielsen, S.S. (ed.) Food analysis. 4th ed. Springer science, New York.
[16] Irfan, P.K., Vanjakshi, V., Keshava Prakash, M.N., Ravi, R., Kudachikar, V.B. 2013. Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (Ficus carica L.) during storage and shelf-life. Postharvest Biology and Technology, 82, 70-75.
[17] Suarez-Jacobo, A., Rüfer, C.E., Gervilla, R., Guamis, B., Roig-Sagués, A.X., Saldo, J. 2011. Influence of ultra-high pressure homogenisation on antioxidant capacity, polyphenol and vitamin content of clear apple juice. Food Chemistry, 127, 447-454.
[18] Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Journal of Science and Technology, 26, 211-219.
[19] Pizzocaro, F., Torreggiani, D., Gilardi, G. 1993. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. Journal of Food Processing and Preservation, 17, 21-30.
[20] Kester, J.J., Fennema, O.R. 1986. Edible films and coatings: A review. Food Technology, 40(12), 47-59.
[21] Marpudi, S.L., Ramachandran, P., Srividya, N. 2013. Aloe vera Gel Coating For Post Harvest Quality Maintenance of Fresh Fig Fruits. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 4, 878-887.
[22] Jiang, T., Feng, L., Wang, Y. 2013. Effect of alginate/nano-Ag coating on microbial and

physicochemical characteristics of shiitake mushroom (Lentinus edodes) during cold storage. Food Chemistry, 141, 954-960.

[23] Yaman, O., Bayoindirli, L. 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. LWT – Food Science and Technology, 35, 146-150.

[24] Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J, Valero D., Serrano, M. 2013. Aloe vera gel coating maintains quality and safety of ready-to-eat pomegranate arils. Postharvest Biology and Technology, 86, 107-112.

[25] Tomás-Barberán, F.A., Espín, J.C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81, 853-876.

[26] Robles-Sánchez, R.M., Rojas-Graü, M.A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G., Martin-Belloso, O. 2013. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. LWT - Food Science and Technology, 50, 240-246.

[27] Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O. 2008. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. Postharvest Biology and Technology, 50, 87-94.

[28] Khoshghalb, H., Arzani, K., Malakouti, M.J., Barzegar, M. 2007. The relationship between antioxidant level and internal browning disorder in some Asian pear (Pyrus serotina Rehd.) fruit genotypes. 10th International symposium on pear, 22-26 May, (pp. 90).

[29] Lee, M., Kim, Y., Kim, N., Kim, G., Kim, S., Bang, K., Park, I. 2002. Prevention of browning in potato with a heat-treated onion extract. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 66(4), 856-858.

[30] Faraji, n., Maftoonazad, n., Farahnaki, A. 2012. The effect of different treatments in controlling of brown semi-wet figs (persi) green varieties of Estahban. Twenty-first National Congress of Food Science and Technology, November 7-9, Shiraz University.

Optimization of edible coating composition using combined design on the shelf-life and qualitative properties of fig fruits

Momeni, N. [1], Piroozifard, M. [2*], Alizadeh, M. [2]

1. M.Sc. Student, Department of food science and technology, Urmia university, Urmia, Iran.
2. Associate Professor, Department of food science and technology, Urmia university, Urmia, Iran.

(Received: 2016/04/20 Accepted:2016/11/17)

In this research, the effect of composite edible coatings, composed of alginate (in the concentration range 0- 2.5 % w/v), aloe vera gel (0- 1 % w/v) and zedo gum (0.5- 4 % w/v) with constant values of ascorbic acid and citric acid as anti-browning agents (each at a concentration 1 % w/v), calcium chloride as crosslinking agent (2 % w/v) and glycerol as plasticizer (8 % w/v) on quality indices of semi humid fig fruits was investigated during 4 months of storage. To study the influence of three mixture factor and a continuous factor (storage time), on physicochemical parameters such as moisture content, total soluble solids, the parameters of color, texture, antioxidant activity and total phenol, polyphenol oxidase activitiy and sensory tests, a combined design was used. Regarding maximum storage time and quality attributies, optimal composition of edible coatings obtained as follows: 2.188 % w/v alginate, 0 % w/v Aloe vera and 1.812 % w/v zedo gum. Optimal composition for storage time in the range of 90-120 days determined as follows: 0 % w/v alginate, 1 % w/v Aloe vera and 3 % w/v zedo gum. Generally, the optimization of edible coating revealed the ability of aloe vera gel and zedo gum to preservation quality characteristics of semi humid fig fruits.

Keywords: Optimization, Edible Coatings, Fig, Zedo gum, Aloe vera gel.

[*] Corresponding Author E-Mail Address: piruzifard.mirkhalil@gmail.com