

استفاده از روش سطح پاسخ در بررسی تغییرات رنگ میوه خرمالو در بسته‌بندی و پوشش‌دهی مختلف

سجاد جعفرزاده^۱، محسن آزادبخت^{۲*}، فریال وارسته^۳ و محمد واحدی ترشیزی^۴

چکیده

با توجه به اینکه خرمالو یک میوه حساس به فشار بوده و نگهداری این میوه در انبارها به‌سختی انجام می‌شود، در این تحقیق به بررسی پارامترهای مؤثر بر کاهش تغییرات رنگی و خصوصیات فیزیکی آن پرداخته شده است. این پارامترها شامل بررسی اثر سه نوع بسته‌بندی (ظرف‌های فومی با فیلم پلی اولفین، پلی‌اتیلن ترفتالات و جعبه چوبی معمولی) و سه نوع پوشش (پلی‌آمین با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار، آب مقطر) بر محصول است. در ادامه خصوصیات ماند و ویژگی‌های رنگی میوه خرمالو شامل L^* ، a^* و b^* شاخص کروما و شاخص تغییرات رنگ به صورت درصد تغییرات در مرحله قبل و بعد از انبارداری بررسی شد. برای تحلیل داده‌ها از روش سطح پاسخ استفاده گردید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده بیشترین درصد تغییرات برای درصد تغییرات L^* در استفاده از بسته‌بندی با جعبه معمولی از چوب بوده و کمترین تغییرات نیز در ظرف فومی با فیلم پلی اولفین و پوشش‌دهی پوترسین ۱ میلی‌مولار به‌دست‌آمد. این نتایج برای مؤلفه‌های b^* شاخص کروما و تغییرات رنگ کل مشابه بود. برای a^* بیشترین درصد تغییرات، زمانی بود که از پوشش‌دهی پلی‌اتیلن ترفتالات استفاده شد. در مجموع استفاده از پوترسین ۱ میلی‌مولار و ظرف فومی با فیلم پلی اولفین کمترین درصد تغییرات پارامترهای مورد بررسی را به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی، بارگذاری، پوشش‌دهی، تغییرات رنگ، خرمالو.

ارجاع: جعفرزاده س. آزادبخت م. وارسته ف. و واحدی ترشیزی م. ۱۴۰۱. استفاده از روش سطح پاسخ در بررسی تغییرات رنگ میوه خرمالو در بسته‌بندی و پوشش‌دهی مختلف. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۲: ۹۵-۱۰۴. DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2022.10117.549>

۱- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- استادیار گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۴- کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

*نویسنده مسئول: azadbakht@gau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۱

مقدمه

خرمالو (*Diospyros kaki*L) میوه بومی چین است، اما اکنون در مناطق گرم دنیا نیز کشت می‌شود (Plaza *et al.*, 2012). این میوه در آب‌وهوای گرم و نیمه گرمسیری رشد می‌کند و در کشورهای آسیایی مثل چین، ژاپن و کره و در کشورهای مدیترانه‌ای، از جمله ترکیه نیز محبوبیت فراوانی دارد (Doymaz, 2012). درباره خصوصیات ظاهری خرمالو می‌توان بیان کرد که رنگ آن‌ها از نارنجی و زرد روشن تا نارنجی و قرمز تیره متفاوت و قطر آن‌ها بر اساس گونه بین ۲ تا ۸ سانتیمتر متغیر است (Jing *et al.*, 2013).

کیفیت میوه‌ها و یا محصولات فراوری‌شده از آن‌ها توسط مجموعه‌ای از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشخص می‌گردد و استفاده از آن را برای مصرف‌کننده بیشتر قابل درک می‌کند؛ بنابراین لازم است در جابه‌جایی میوه‌ها توجه لازم به عمل آید، چراکه تقاضا برای میوه‌ها و سبزی بالا بوده و همین امر، آسیب‌های مکانیکی ناشی از برداشت، حمل‌ونقل، مرتب‌سازی، بسته‌بندی و درجه‌بندی را افزایش می‌دهد که این آسیب‌ها باید مورد بررسی قرار گیرد. آسیب‌های مکانیکی باعث ایجاد کبودی در محصولات می‌شود. اندازه برخی کبودی‌های روی میوه‌ها به عوامل متعددی چون بلوغ، تاریخ برداشت، دما، شرایط آبیاری و آب و هوایی محل برداشت و نگهداری بستگی دارد (Stropek & Gołacki, 2015). از این رو می‌توان برای کاهش آسیب‌های مکانیکی و کبودی، از دست دادن آب، براق شدن و بالاخره افزایش عمر انبارمانی میوه‌ها از انواع پوشش‌ها استفاده کرد (Janick, 2003). پوشش‌ها به منظور کنترل سرعت تنفس محصول، کنترل بیماری‌های فیزیولوژیکی و کاهش رشد میکروب‌ها و از همه مهم‌تر کاهش فرآیند از دست دهی آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. این پوشش‌ها ماده‌ای غیر سمی و نوعی واکس خوراکی بدون تأثیر منفی بر محیط‌زیست و سلامت انسان بوده که از رشد قارچ‌ها جلوگیری کرده و باعث حفظ کیفیت ظاهری میوه‌ها به مدت طولانی‌تری می‌گردند. همچنین استفاده از این واکس‌ها برای میوه‌ها بسیار ساده است (Ardakani *et al.*, 2010).

در پژوهشی، محققین کاربرد قبل از برداشت پلی آمین‌ها بر ویژگی‌های کیفی و عمر پس از برداشت میوه کیوی رقم هاروارد را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که تغییرات

شاخص‌های مختلف رنگ، ویتامین ث، مواد جامد محلول کل، اسید کل و pH در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد به تأخیر افتادند (Mirdehghan *et al.*, 2015).

در پژوهشی دیگر، نیز تأثیر پوترسین و آب سرد بر ویژگی‌های کیفی و انبارمانی میوه انبه گزارش شد که استفاده از پوترسین سبب تغییرات رنگ کمتر در پوست و گوشت میوه انبه در نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه‌های بدون پوشش گردید (Azarkish & Shamili., 2014).

تأثیر کاربرد پلی آمین و پوشش‌دهی بر روی کیفیت میوه مانگو نشان داد که با افزایش مدت‌زمان انبارداری، میزان کاهش وزن محصول افزایش پیدا کرده است. همچنین استفاده از تیمار پوشش‌دهی و افزایش غلظت تیمار پوشش‌دهی سبب افت مقدار کاهش وزن میوه شده است. برای تغییرات ویژگی سفتی نیز استفاده از پوشش، معنی‌دار بود. همچنین استفاده از پوشش سبب افزایش شاخص رنگی میوه در طی انبارداری شد (Zahedi *et al.*, 2019).

با توجه به معضلات انبارداری خرمالو و با توجه به اینکه خرمالو حساس به فشار است، هدف از این تحقیق بررسی اثر نیروهای فشار و همچنین شرایط بسته‌بندی‌های مختلف در افزایش ماندگاری میوه خرمالو است. چرا که در حین برداشت، نیروهای فشاری مختلفی به محصول وارد شده و همین امر سبب ایجاد کبودی و کاهش کیفیت و تغییرات رنگ میوه می‌گردد. تمامی موارد فوق، ویژگی بازار پسندی را کاهش می‌دهد و از این رو در این تحقیق، این مؤلفه‌ها مد نظر قرار گرفته است. همچنین تأثیر متقابل پوشش‌های مختلف نیز روی تغییرات خصوصیات رنگی میوه نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه

در این تحقیق خرمالوها از باغی در منطقه هاشم آباد در حوالی شهر گرگان و در استان گلستان تهیه شد. پس از تهیه مستقیم محصول از باغ، تمامی خرمالوهایی که دچار آسیب‌های ظاهری بودند جدا شدند. پس از جداسازی خرمالوهای بی‌عیب و نقص در ظاهر و همچنین تمیز کردن آن‌ها با دستمال مرطوب، تمامی خرمالوها از نظر ابعاد دسته‌بندی شدند تا بتوان با یکسان‌سازی خرمالوها از

بسته‌بندی به سردخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل و به مدت ۲۵ روز در دمای ۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۹۰٪ انبار شدند.

نظر ابعاد و وزن، میزان خطای آزمایش را کاهش داد، از این‌رو خرمالوهایی که خیلی بزرگ و خیلی کوچک بودند از فرآیند آزمایش خارج شدند.

پوشش‌دهی

برای پوشش‌دهی از ماده‌ی پلی آمین (پوترسین^۱) استفاده گردید. برای پوشش‌دهی، سه تیمار انتخاب شد که شامل تیمارهای با غلظت ۱ میلی‌مولار، ۲ میلی‌مولار و آب مقطر بودند.

تمامی خرمالوها به مدت ۱۰ دقیقه در حالت غوطه‌وری درون ظرف قرار گرفته و پس از آن بر روی یک سطح صاف و در محیط آزمایشگاه با دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا خشک شوند. پس از این مرحله بر اساس آزمایش در هر مرحله ۸ عدد میوه خرمالو در ظرفها قرار داده شد تا بهترین کیفیت از نظر غوطه‌وری حاصل گردد.



شکل ۱- بارگذاری خرمالوها و نحوه اجرای آن

بارگذاری فشاری

نمونه‌های خرمالوی پوشش داده‌شده با استفاده از دستگاه آزمون فشار در دو مقدار بارگذاری ۱۵۰ و ۲۵۰ نیوتن بارگذاری شدند. برای انجام آزمون مکانیکی فشار از ماشین آزمون مواد چندکاره Santam-STM5 با لودسل ۵۰۰ نیوتنی و ساخت ایران استفاده شد. برای آزمون فشاری از دو صفحه تخت دایره‌ای استفاده گردید و آزمون با سرعت ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه بر روی نمونه‌ها اجرا شد. برای کاهش خطا، تمامی بارگذاری‌ها از یک جهت یکسان برای تمامی خرمالوها صورت گرفت. در شکل ۱ حالت قرارگیری و نحوه انجام آزمون فشاری نشان داده‌شده است.

بسته‌بندی و انبارداری

پس از بارگذاری با استفاده از سه بسته الف: ظرف فومی با فیلم پلی اولفین، ب: پلی اتیلن ترفتالات و ج: جعبه معمولی، خرمالوهای بارگذاری و پوشش‌دهی شده بسته‌بندی شدند که در شکل ۲ بسته‌بندی‌های استفاده‌شده نشان داده شده است. در بسته‌بندی‌های نوع فیلم پلی اولفین و پلی اتیلن ترفتالات تعداد ۴ خرمالو قرار داده شد. جهت جلوگیری از اشتباه در اندازه‌گیری تمامی بسته‌بندی‌ها برچسب‌گذاری شدند و نمونه‌ها پس از

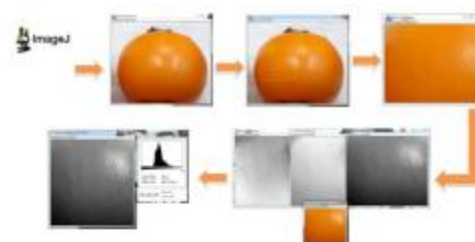


شکل ۲- بسته‌بندی خرمالوها

پردازش تصویر

به‌منظور بررسی شاخص‌های رنگی از فضای رنگی $L^*a^*b^*$ استفاده شد که در این فضا مؤلفه L^* نشان‌دهنده روشنایی نمونه‌های خرمالو و از دامنه ۰ الی ۱۰۰ متغیر است که هرچه مقدار این مؤلفه کمتر باشد رنگ میوه تیره‌تر و هرچه بیشتر باشد رنگ میوه روشن‌تر خواهد شد. مؤلفه a^* نیز از دو رنگ قرمز و سبز تشکیل شده است و بین ۱۲۰- و ۱۲۰+ قرار دارد که مقادیر مثبت نشان دهنده قرمزی بیشتر و مقادیر منفی نشان دهنده سبزی بیشتر در نمونه‌ها هستند. مقادیر b^* نیز مانند مؤلفه‌های a^* است و مقادیر منفی نشان‌دهنده رنگ آبی بیشتر و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد است. نمونه‌ها با استفاده از دوربین Canon IXUS 132، با دقت ۱۶ مگاپیکسل در جعبه مخصوص عکس‌برداری مورد عکس‌برداری قرار گرفتند. تمامی عکس‌ها در قالب JPEG و با ابعاد 3456×4608 پیکسل و در حالت RGB ذخیره شد و با استفاده از نرم‌افزار Image J 1.52 تحلیل شد.

در شکل ۳، مراحل پردازش تصویر برای خرمالوهای آزمایش نشان داده شده است. در این شکل ابتدا بخشی از خرمالو جهت تحلیل انتخاب شد و سعی شد برای تمامی نمونه‌ها از همان بخش، تصویر برش خورده با ابعاد یکسان انتخاب شود. سپس تصاویر هر خرمالو که در بسته‌بندی‌ها قرار داشت از فضای رنگی RGB به فضای Lab جهت پردازش منتقل گردید. با توجه به اینکه برای هر بسته‌بندی ۴ عدد خرمالو در نظر گرفته شد، از این‌رو هر چهار خرمالو مورد تحلیل قرار گرفت و برای میزان $L^*a^*b^*$ میانگین هر ۴ خرمالو در نظر گرفته شد. در ادامه مقادیر $L^*a^*b^*$ با استفاده از نرم‌افزار استخراج شد و با استفاده از روابطی خصوصیات دیگر مانند، شاخص کروما و تغییرات رنگ کل نیز به دست آمد.



شکل ۳- فرایندهای پردازش تصویر خرمالو

اندازه‌گیری شاخص‌های کروما (C = شاخص کروما) و اختلاف رنگ کل جهت توصیف تغییرات رنگی طی نگهداری خرمالو تحت شرایط مختلف در معادلات ۱ و ۲ نشان داده شده است (Montazer & Abdelmotaieb *et al.*, 2009) (Niakousari, 2012).

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$TCD = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (2)$$

اندیس‌های صفر مربوط به مقادیر خوانده‌شده از نمونه شاهده خرمالو تازه فراوری نشده است.

بررسی روش سطح پاسخ

روش سطح پاسخ مجموعه‌ای از روش‌های آماری و ریاضی است که برای تجزیه و تحلیل نتایج تجربی کاربرد دارد (Han *et al.*, 2015). این روش در طراحی، بهبود و ایجاد روابط ریاضی برای خصوصیات یک محصول جدید نیز بسیار کاربردی است. گسترده‌ترین کاربرد روش سطح پاسخ در زمینه‌های صنعتی است. از روش سطح پاسخ در شرایطی که متغیرهای ورودی زیادی به عملکرد و ویژگی‌های کیفیت محصول در فرآیند تأثیر دارند، استفاده می‌شود (Raymond *et al.*, 2009). مدل درجه ۲ برای فرآیندهای صنعتی مناسب بوده و دارای نقاط قوت زیادی است. همچنین با استفاده از تحلیل واریانس ANOVA، مدل‌های ارائه‌شده برای پاسخ‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و ضرایب رگرسیون برای جمله‌های خطی، برهم‌کنش و درجه ۲ تخمین زده شد و با استفاده از ضریب همگرایی (R^2) کیفیت برازش معادله مدل‌ها بیان شد. ضریب تعیین یا برازش یکی از آزمون‌های مورد استفاده در تجزیه و تحلیل واریانس برای شناسایی مدل برتر است (Raymond *et al.*, 2009). به منظور بررسی ویژگی‌ها و بهینه‌سازی فرایند نگهداری خرمالو از روش سطح پاسخ، طرح مرکب مرکزی (CCD) با ۵ نقطه مرکزی و با نرم‌افزار Design Expert 11 استفاده شد. در این پژوهش متغیرهای مستقل پوشش‌دهی و بسته‌بندی و متغیرهای وابسته مؤلفه‌های L^* ، a^* ، b^* ، شاخص کروما و تغییرات رنگ کل به‌عنوان پاسخ در نظر گرفته شدند تا روند تغییرات موردنظر با سطوح متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار بگیرند و در نهایت بهترین شرایط نگهداری با استفاده از این روش به دست آید.

نتایج و بحث

پوشش‌دهی نسبت به هم‌معنی‌دار نبودند. برای مقدار a^* نیز مدل و بسته‌بندی معنی‌دار نشد؛ اما مقدار پوشش‌دهی در سطح آماری $0/0483$ معنی‌دار شد. برای شاخص‌های کروما و b^* نیز نتایج مشابهی از نظر معنی‌داری برای مدل و مؤلفه پوشش‌دهی به دست آمد. بر اساس این تحلیل مقادیر سطوح معنی‌داری پوشش‌دهی به‌ترتیب با مقدار $0/0063$ و $0/0117$ برای مؤلفه‌ها معنی‌دار شده است و برای شاخص رنگ کل هیچ‌کدام از موارد معنی‌دار نشده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و تحلیل‌های حاصل از روش سطح پاسخ برای ضریب مقادیر مؤلفه‌های L^* ، a^* ، b^* شاخص کروما و تغییرات رنگ کل در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول می‌توان برای مقدار L^* بیان کرد که مدل استفاده‌شده و مؤلفه پوشش‌دهی به‌ترتیب در سطح آماری در سطح $0/0117$ و $0/0063$ معنی‌دار شده ولی مؤلفه بسته‌بندی تفاوت معنی‌داری را نداشته است. همچنین اثر متقابل مؤلفه‌های بسته‌بندی و

جدول ۱- تجزیه واریانس و ضرایب پیشگویی مقدار ضریب عملکرد L^* ، a^* ، b^* شاخص کروما و تغییرات رنگ کل

L* value					
F-value	Mean Square	df	Coefficient Estimate	Sum of Squares	Source
0/0177**	6/20	60/20	2		Model
0/1388	2/59	25/11	1		A
0/0063**	11/89	115/32	1	115/32	B
			10	120/40	Residual
			5	25/11	Lack of Fit
				0/5537	R ²
				0/6645	Adjusted R ²
				0/5190	Predicted R ²
				7/6213	Adeq Precision
a* value					
0/1154	2/68	903/67	5	4515/36	Model
0/3748	0/8984	302/69	1	302/69	A
0/0483*	5/70	1921/53	1	1921/53	B
			7	2358/36	Residual
			2	426/02	Lack of Fit
				0/6571	R ²
				0/6121	Adjusted R ²
				-0/7676	Predicted R ²
				5/6745	Adeq Precision
b* value					
0/0208*	5/85	160/39	2	320/79	Model
0/4612	0/5871	16/10	1	16/10	A
0/0066	11/68	320/24	1	320/24	B
			10	274/23	Residual
			5	89/05	Lack of Fit
			5	185/15	Pure Error
			12	595/02	Cor Total
				0/5391	R ²
				0/6469	Adjusted R ²
				0/2101	Predicted R ²
				6/1954	Adeq Precision

A: بسته‌بندی B: پوشش‌دهی **معنی‌دار در سطح 1% *معنی‌دار در سطح 5%

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس و ضرایب پیشگویی مقدار ضریب عملکرد L*, a*, b, شاخص کروما و تغییرات رنگ کل

L* value					Source
F-value	Mean Square	df	Coefficient Estimate	Sum of Squares	
Chroma index					
0/0042**	9/92	307/23	2	614/47	Model
0/5540	0/3749	11/61	1	11/61	A
0/0013	19/51	604/21	1	604/21	B
			10	309/71	Residual
			5	169/56	Lack of Fit
				0/8649	R ²
				0/5979	Adjusted R ²
				0/4820	Predicted R ²
				7/3874	Adeq Precision
Hue angle					
0/1712	2/09	21/56	2	3430/77	Model
0/4564	0/6057	6/24	1	51/00	A
0/1487	2/50	25/69	1	3358/95	B
0/0968	3/44	35/38	10	2894/91	Residual
			5	1150/16	Lack of Fit
				0/5424	R ²
				0/4508	Adjusted R ²
				0/2881	Predicted R ²
				5/6111	Adeq Precision
Total different colot					
0/1712	2/09	21/56	3	64/69	Model
0/4564	0/6057	6/24	1	6/24	A
0/1487	2/50	25/69	1	25/69	B
0/0968	3/44	35/38	1	35/38	AB
			9	92/66	Residual
			4	34/13	Lack of Fit
				0/4111	R ²
				0/2148	Adjusted R ²
				0/6189	Predicted R ²
				4/7812	Adeq Precision

A: بسته‌بندی B: پوشش‌دهی **معنی‌دار در سطح 1% *معنی‌دار در سطح 5%

پوشش پوترسین ۱ میلی‌مولار، درصد تغییرات کمتری را داشته و تقریباً برای پوترسین ۲ میلی‌مولار و پوشش با آب مقطر تفاوت رنگی به‌دست‌آمده است. دلیل این مشاهده را می‌توان این‌گونه بیان کرد که پوشش‌های میوه با کاستن از تماس اکسیژن با بافت میوه‌ها، می‌توانند واکنش قهوه‌ای شدن را به تأخیر بیندازند (Akbarian *et al.*, 2014). محققین با افزودن پوشش‌های مختلف در بسته‌بندی میوه گیلاس سبب تأخیر در تغییر پذیری رنگ پوست و دم میوه نسبت به نمونه‌های شاهد شدند و نتایج مشابهی را

مقادیر ضرایب مدل پوشش‌دهی و نوع بسته‌بندی بر روی مقدار L* در جدول ۱ نشان داده شده است که با توجه به ضرایب این مؤلفه‌های تأثیر پوشش‌دهی چیزی حدود ۵ برابر بیشتر از بسته‌بندی بوده است. ضرایب این دو مؤلفه برابر با ۲۵/۱۱ و ۱۱۵/۳۲ به‌ترتیب برای بسته‌بندی و پوشش‌دهی بود. همچنین در شکل ۴ نشان داده شده است که زمانی که از ظرف فومی به ظرف فیلم پلی‌اتیلن درصد تغییرات L* بیشتر شده و این تفاوت رنگ نشان دهنده تأثیر نوع بسته‌بندی را نشان می‌دهد. استفاده از

داده شده است که با توجه به آن تأثیر مقدار پوشش‌دهی نسبت به بسته‌بندی شش برابر بیشتر بوده و مقدار ضرایب آن‌ها به ترتیب $302/69$ و $1921/53$ بوده است. همچنین با توجه به شکل ۵ می‌توان بیان کرد که ظرف فومی با فیلم پلی آمین تقریباً در پوشش‌های پوترسین توانسته کمترین تغییرات را داشته باشد.

با استفاده از ظرف‌های اتیلن ترفتالات و جعبه معمولی مقدار درصد تغییرات رنگ قرمز افزایش پیدا کرده و مقدار a^* در این دو نوع بسته بندی تقریباً یکسان بوده است.

همچنین برای پوشش‌دهی نیز استفاده از پوترسین در هر دو غلظت ۱ و ۲ میلی‌مولار مقدار ثابت رنگی را در هر سه نوع جعبه داشته است و تنها تغییرات رنگی که نشان‌دهنده اختلاف بین پوشش‌دهی بوده برای پوشش با آب مشاهده شده است.

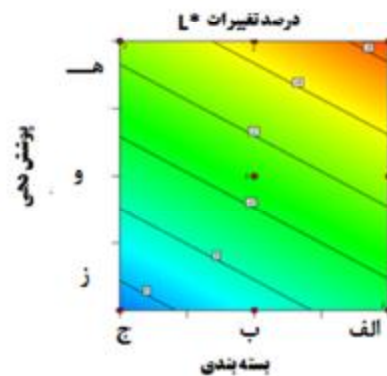
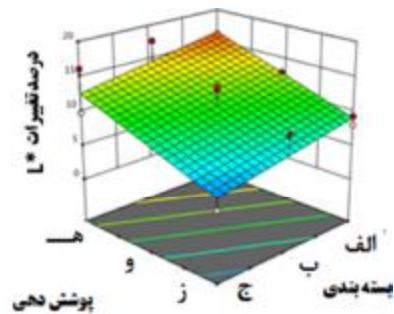
دلیل این امر را می‌توان این گونه بیان کرد که افزایش زمان انبارمانی و پوشش، باعث افزایش pH نمونه‌ها شده و در نتیجه رنگ‌دانه‌های آنتوسیانین که تشکیل دهنده رنگ‌های قرمز در محصولات است را تخریب کرده و سبب کاهش رنگ میوه شده است. همچنین افزایش غلظت پوشش، سبب جلوگیری از عمل تنفس و حفظ مقادیر اسیدهای آلی و کاهش pH گردیده است (Jiang & Li, 2001). همچنین استفاده از پلی آمین دوره پیری را کاهش داده و از همین رو استفاده از این پوشش با غلظت بالاتر سبب تغییرات کمتر رنگ شد. نتایج به دست آمده مشابه نتایج تحقیقات مشابه پیشین بر روی میوه انار با استفاده از پوشش‌دهی پلی آمین بوده است (Meighani *et al.*, 2015).

برای درصد تغییرات b^* با توجه به جدول ۱ مقدار ضرایب برای پوشش‌دهی $320/24$ و برای بسته‌بندی ۲۰ برابر کمتر از آن یعنی $16/10$ بود.

این تفاوت نشان‌دهنده تأثیر بیشتر پوشش‌دهی بر روی مقدار درصد تغییرات b^* است. همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است برای پوترسین ۱ میلی‌مولار، پوترسین ۲ میلی‌مولار و پوشش‌دهی با آب تقریباً یک تفاوت رنگی جداگانه مشاهده شده است؛ این تفاوت رنگی تفاوت معنی‌داری برای هر سه سطح پوشش‌دهی نشان داده است.

به دست آوردند (Serrano *et al.*, 2005). همچنین پلی آمین‌ها به دلیل تثبیت غشا، می‌توانند سبب حفظ ظاهری فرآورده‌ها و تأخیر در پیری آن‌ها طی انبارمانی شوند. هرچه میوه‌ها به پیری نزدیک می‌شوند میزان چروکیدگی و کاهش وزن در آن‌ها افزایش می‌یابد. از طرفی پلی آمین‌ها، ترکیبات ضد پیری شناخته‌شده‌ای هستند و توانایی حفظ تمامیت غشا را دارند، در نتیجه می‌توان گفت که میوه‌های تیمار شده با پلی آمین‌ها میزان چروکیدگی و کاهش وزن کمتری خواهند داشت و در نهایت این موضوع سبب حفظ ظاهر فرآورده و درخشندگی آن‌ها خواهد شد. پایین بودن درصد کاهش شاخص درخشندگی با کاربرد پوشش بر روی سطح میوه در این پژوهش با نتایج تحقیقاتی بر روی توت‌فرنگی همخوانی دارد.

(Asghari *et al.*, 2009; Amal *et al.*, 2010).

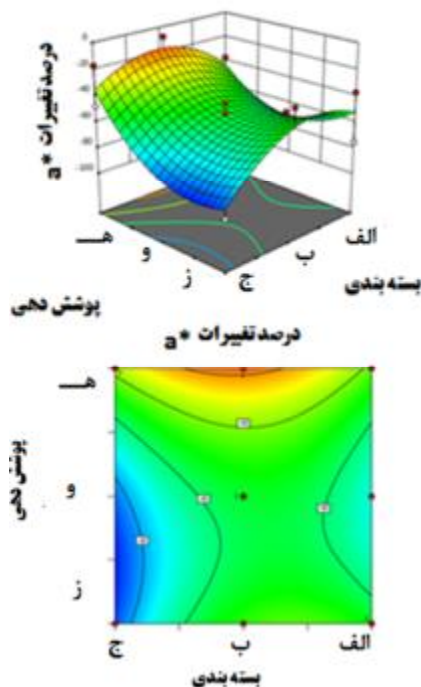


شکل ۴ - نمودار سطح پاسخ مقدار مؤلفه L^* در پوشش‌دهی و بسته‌بندی‌های مختلف

الف: جعبه معمولی ب: پلی اتیلن ترفتالات ج: ظرف فومی با فیلم پلی اولفین ه: پوشش با آب و: پوترسین ۲ میلی‌مولار ز: پوترسین ۱ میلی‌مولار

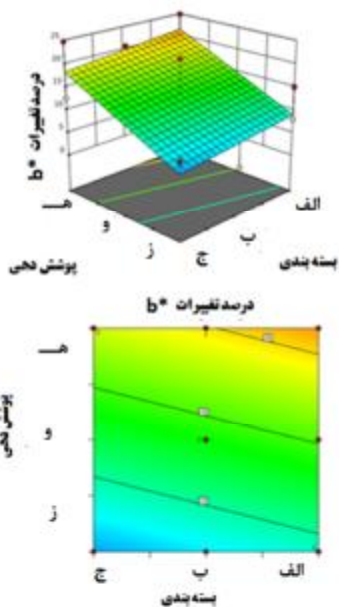
مقادیر ضرایب مدل تأثیر پوشش‌دهی و بسته‌بندی میوه خرمالو برای درصد تغییرات مقدار a^* در جدول ۱ نشان

استفاده از ظرف فومی با فیلم پلی اولفین توانسته کمترین مقدار را برای تغییرات درصد شاخص کروما در هر سه نوع پوشش داشته باشد و استفاده از دو نوع بسته‌بندی دیگر تقریباً در هر پوشش نتایج مشابه‌ایی را نشان داده است. با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین درصد تغییرات شاخص کروما در جعبه معمولی با پوشش آب و کمترین تغییرات مشاهده شده برای درصد تغییرات شاخص کروما در پوشش‌دهی با پوترسین ۱ میلی‌مولار و ظرف فومی با فیلم پلی اولفین بوده است. دلیل کم بودن درصد کاهش جلوگیری پوشش‌ها از دهیدراسیون میوه دانست. دهیدراسیون عامل قهوه‌ای شدن میوه است (Serrano *et al.*, 2005). افزودن پوشش‌های مختلف در بسته‌بندی گیلاس سبب تأخیر در تغییر پذیری رنگ پوست و دم میوه نسبت به نمونه‌های شاهد شده است (Serrano *et al.*, 2005). افزایش شاخص درخشندگی با کاربرد پوشش بر روی سطح میوه در این پژوهش نیز با نتایج تحقیقاتی بر روی توت‌فرنگی همخوانی دارد (Amal *et al.*, 2010; Asghari *et al.*, 2009).



شکل ۵- نمودار سطح پاسخ مقدار مؤلفه a^* در پوشش‌دهی و بسته‌بندی‌های مختلف

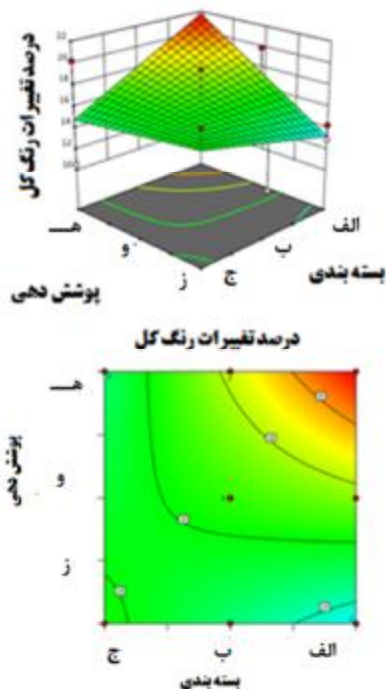
الف: جعبه معمولی ب: پلی اتیلن ترفتالات ج: ظرف فومی با فیلم پلی اولفین ه: پوشش با آب و: پوترسین 2 میلی‌مولار ز: پوترسین 1 میلی‌مولار



شکل ۶- نمودار سطح پاسخ مقدار مؤلفه درصد تغییرات b^* الف: جعبه معمولی ب: پلی اتیلن ترفتالات ج: ظرف فومی با فیلم پلی اولفین ه: پوشش با آب و: پوترسین 2 میلی‌مولار ز: پوترسین 1 میلی‌مولار

همچنین برای بسته‌بندی‌های مختلف تقریباً یک مقدار ثابت رنگی در هر پوشش‌دهی به دست آمده است. در طی فرایند انبارداری رنگ میوه‌ها تیره‌تر و از مقدار روشنایی و شفافیت آن‌ها کم می‌شود (Hernandez-Munoz *et al.*, 2008). افزایش درصد کاهش مقدار b^* در نمونه‌های موجود در جعبه معمولی را می‌توان به دلیل دهیدراسیون بیشتر در نمونه‌ها دانست (Serrano *et al.*, 2005). در آزمایش‌های مشابه، افزودن پوشش در بسته‌بندی میوه گیلاس سبب تأخیر در تغییر رنگ پوست و دم میوه نسبت به نمونه‌های شاهد شده است (Serrano *et al.*, 2005) همچنین در تحقیقی برای روی خربزه نتایج مشابهی در تیمارهایی که پوشش‌دهی شده بودند گزارش شد (Vanoli *et al.*, 2015).

در شکل ۷ نیز درصد تغییرات شاخص کروما میوه خرمالو نشان داده شده است که با توجه به جدول ۱، مقادیر ضرایب پوشش‌دهی برابر $60.4/21$ و برای بسته‌بندی $11/61$ است. با توجه به شکل ۸ نیز می‌توان بیان کرد که



شکل ۸- نمودار سطح پاسخ مقدار مؤلفه درصد تغییرات تغییر رنگ کل

الف: جعبه معمولی ب: پلی اتیلن ترفتالات ج: ظرف فومی با فیلم پلی اولفین ه: پوشش با آب و: پوترسین ۲ میلی مولار ز: پوترسین ۱ میلی مولار

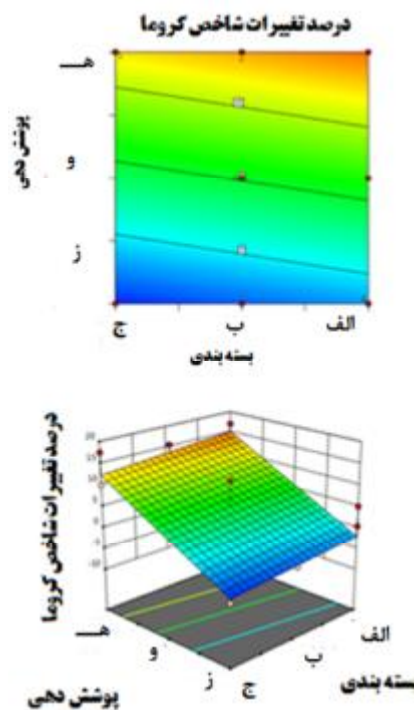
نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین درصد تغییرات در پوشش‌دهی، با آب و جعبه معمولی بوده که برای مؤلفه‌های L^* ، a^* ، b^* شاخص کروما و تغییرات رنگ کل حاصل شده است. در بررسی درصد تغییرات رنگ کل، استفاده از پوترسین در هر دو غلظت ۱ و ۲ میلی مولار و همچنین استفاده از دو جعبه ظرف فومی با فیلم پلی اولفین و پلی اتیلن ترفتالات سبب نتایج یکسانی شده است. در مجموع می‌توان بیان کرد که بهترین مقادیر در پوشش‌دهی با غلظت ۱ میلی مولار و ظرف فومی با فیلم پلی اولفین به دست آمده است.

منابع

- Abdelmotalieb, A., El-Kholy, M. M., Abou-El-Hana, N. H., & Younis, M. A. (2009). Thin layer drying of garlic slices using convection and combined (convection - infrared) heating modes. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 26: 251-281.
- Akbarian, M., Ghasemkhani, N., & Moayedi, F.

با توجه به جدول ۱ می‌توان بیان کرد ضرایب پوشش‌دهی ۴ برابر بسته‌بندی بوده است که این مقدار به ترتیب برابر با ۲۵/۶۱ و ۶/۰۴ است. همچنین با توجه به شکل ۸، درصد تغییرات رنگ کل برای ظرف فومی با فیلم پلی اولفین و ظرف پلی اتیلن ترفتالات در هر سه نوع پوشش‌دهی یکی بوده اما جعبه معمولی با این دو جعبه تفاوت داشته است. با توجه به شکل بیشترین مقدار تغییرات رنگ کل در حالت پوشش‌دهی با آب مقطر و بسته‌بندی با جعبه معمولی بوده است. دلیل این امر را می‌توان این‌گونه بیان کرد که پلی آمینه موجود در پوشش‌های میوه فعالیت هیدرولیکی آنزیم‌های غشای تیلاکوئید را کاهش می‌دهند (Lester, 2000) و در نتیجه سبب تأخیر در تجزیه کلروفیل و تولید کاروتنوئیدها و همچنین کاهش تغییر رنگ پوست میوه در حین ذخیره‌سازی می‌شوند (Malik & Zora, 2005; Martinez-Romero et al., 2002).



شکل ۷- نمودار سطح پاسخ مقدار مؤلفه درصد تغییرات شاخص کروما

الف: جعبه معمولی ب: پلی اتیلن ترفتالات ج: ظرف فومی با فیلم پلی اولفین ه: پوشش با آب و: پوترسین ۲ میلی مولار ز: پوترسین ۱ میلی مولار

- (2002). Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science*, 67(5): 1706-1712.
- Meighani, H., Ghasemnezhad, M., & Bakhshi, D. (2015). Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits. *Journal of food science and technology*, 52(7): 4507-4514.
- Mirdehghan, S., Esmailizadeh, M., Pirzad, F. (2015). 'Effect of pre-harvest application of polyamines on quality and shelf life of kiwifruit cv. Hayward', *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(3): 387-398.
- Montazer, Z., & Niakousari, M. (2012). Evaluation of color change of sour orange juice (from different stages of processing line) during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 9(4):109-121.
- Lester, G. E. (2000). Polyamines and their cellular anti-senescence properties in honey dew muskmelon fruit. *Plant Science*, 160(1): 105-112.
- Plaza, L., Colina, C., Ancos, B. De, Sánchez-Moreno, C., & Pilar Cano, M. (2012). Influence of ripening and astringency on carotenoid content of high-pressure treated persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). *Food Chemistry*, 130(3): 591-597.
- Raymond H. Myers, Douglas C. Montgomery, C. M. A.-C. (2009). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments 3rd Edition* (3rd ed.). Wiley.
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., & Valero, D. (2005). The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(1): 115-123.
- Stropek, Z., & Gołacki, K. (2015). A new method for measuring impact related bruises in fruits. *Postharvest Biology and Technology*, 110: 131-139.
- Vanoli, M., Grassi, M., Buccheri, M., & Rizzolo, A. (2015). Influence of edible coatings on postharvest physiology and quality of Honeydew melon fruit (*Cucumis melo* L. inodorus). *Advances in Horticultural Science*, 29(2/3): 65-74.
- Zahedi, S. M., Hosseini, M. S., Karimi, M., & Ebrahimzadeh, A. (2019). Effects of postharvest polyamine application and edible coating on maintaining quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Langra during cold storage. *Food Science and Nutrition*, 7(2): 433-441.
- (2014). Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review. *International Journal of Bioscience*, 4(1): 42-57.
- Amal, S. H. A., El-Mogy, M. M., Aboul-Anean, H. E., & Alsanius, B. W. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 2(3): 88-97.
- Ardakani, M. D., Mostofi, Y., & Hedayatnejad, R. (2010). Study on the effect of chitosan in preserving some qualitative factors of table grape (*Vitis vinifera*). In *6th International Postharvest Symposium*, 8-12.
- Asghari, M. A. A. F., Mostoufi, Y., Shoeybi, S. H., & Fatahi, M. (2009). Effect of cumin essential oil on postharvest decay and some quality factors of strawberry *Journal of Medicinal Plants*, 8: 25-43.
- Azarkish, P., & Shamlil, M. (2014). Influence of Putrescine and cold water on qualitative features and shelf life of mango (*Mangifera indica* L) fruit. *Journal of Food Science & Technology*, 12(47): 65-74.
- Doymaz, I. (2012). Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). *Energy Conversion and Management*, 56: 199-205.
- Han, H.-Z., Li, B.-X., Wu, H., & Shao, W. (2015). Multi-objective shape optimization of double pipe heat exchanger with inner corrugated tube using RSM method. *International Journal of Thermal Sciences*, 90: 173-186.
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110(2): 428-435.
- Janick, J. (2003). Horticultural reviews. *John Wiley & Sons*, 30.
- Jiang, Y., & Li, Y. (2001). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*, 73(2): 139-143.
- Jing, Z., Ruan, X., Wang, R., & Yang, Y. (2013). Genetic diversity and relationships between and within persimmon (*Diospyros* L.) wild species and cultivated varieties by SRAP markers. *Plant Systematics and Evolution*, 299(8): 1485-1492.
- Malik, A. U., & Zora, S. (2005). Pre-storage application of polyamines improves shelf-life and fruit quality of mango. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(3): 363-369.
- Martinez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F., & Valero, D.