

## تاثیر دما و رطوبت بر کیفیت رنگ خرمای رقم استعمران در طول سه ماه انبارمانی

مجید رهنما<sup>۱\*</sup>، محمد هادی خوش تقاضا<sup>۲</sup>، کمال عباسپور ثانی<sup>۳</sup>، برات قبادیان<sup>۲</sup>، موحد سپهوند<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>عضو هیات علمی (استادیار) دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین

<sup>۲</sup>دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

<sup>۳</sup>استادیار بخش انرژی، پژوهشگاه مواد و انرژی، کرج.

<sup>۴</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

\*نویسنده مسئول:

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین تلفن: ۰۹۱۲۴۰۱۷۶۶۸

پست الکترونیکی: [rahnamam2002@yahoo.com](mailto:rahnamam2002@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۱۶

### چکیده

کاهش رطوبت خرما با دمای بالا و یا در مدت زمان طولانی باعث افت کیفیت محصول می شود. بنابراین لازم است محصول خرما سریع و با دمای پایین خشک شود. در مناطق مرطوب، می توان با استفاده از سیستم جاذب رطوبت، در زمان کوتاه تری و با دمای پایین رطوبت خرما را با استفاده از انرژی خورشیدی کاهش داد. هدف از تحقیق، بررسی تاثیر تغییر رطوبت در حفظ کیفیت رنگ خرما در طی سه ماه انبارمانی می باشد که به سبب مسایل زیست محیطی باید روشی مناسب جایگزین آن شود. از این رو به منظور انجام تحقیق حاضر، خشک کن مجهز به سیستم جاذب رطوبت با احیاء کننده خورشیدی طراحی و ساخته شد. به وسیله دستگاه ساخته شده رطوبت خرمای استعمران با استفاده از چهار سطح دمایی ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰°C به سه سطح رطوبت تعادلی ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ بر پایه خشک رسانده شد و تاثیر تیمارهای اعمال شده بر کیفیت رنگ خرما در طول سه ماه انبارمانی مورد بررسی قرار گرفت. با مقایسه مقادیر به دست آمده با مقادیر شاهد و میوه تازه، بهترین دما برای تنظیم رطوبت خرمای استعمران و انبارمانی آن از نظر حفظ کیفیت رنگ خرما به مدت سه ماه انبارمانی، ۵۰ تا ۶۰°C به دست آمد که با افزایش رطوبت مدت زمان انبارمانی نیز کاهش یافت. نتایج تحقیق نشان داد که برای انبارمانی به مدت یک ماه می توان از تیمار دمایی ۷۰°C و رطوبت بالای ۱۶٪ استفاده نمود.

**واژگان کلیدی:** خشک کن خورشیدی، چرخ جاذب، کاهش رطوبت، خرما

### مقدمه

با توجه به میزان تولید خرما در ایران و اهمیت این محصول از نظر تجاری، لازم است کیفیت محصول تازه چیده شده در طول دوره انبارمانی حفظ شود. با توجه به اینکه رطوبت محصول یکی از مهمترین فاکتورها در انبارمانی است، می توان با تنظیم رطوبت، کیفیت محصول را حفظ و در موقع مناسب به بازار عرضه کرد. همچنین خرما میوه ای است که نمی توان آن را در فرایند خشک کردن، مدت زمانی طولانی، در معرض حرارت با دمای بالا قرار داد زیرا رنگ آن تیره می شود و فعالیت بعضی از آنزیمها که در بهبود بافت و ظاهر خرما موثر هستند کاهش می یابد (Azawi et al., 1983a,b, Rygg, 1975). بنابراین لازم است خرما سریع خشک شود. برای کاهش مدت زمان خشک شدن می توان رطوبت هوای ورودی را کاهش داد تا ظرفیت جذب هوا افزایش و در نتیجه مدت زمان خشک شدن کاهش یابد. در ضمن از نقطه نظر ضد عفونی نیز با توجه به تخریب لایه ازن توسط متیل بروماید و پیامدهای زیست محیطی آن، لازم است روش مناسبی جایگزین آن شود

که اعمال تیمار حرارتی با استفاده از خشک کن خورشیدی مجهز به سیستم کنترل رطوبت یکی از این روشها است. رنگ خرما از شاخص های مهم کیفیت در انبارمانی می باشد. زیرا تیره شدن خرما ناشی از تغییر شیمیایی میوه است که در نهایت منجر به ترش شدن خرما شده و یکی از شاخص های تازه گی میوه است (Andre and Zaid, 2002). خرما با توجه به این که در چه مرحله ای از رشد قرار دارد دارای رنگ متفاوتی می باشد. رنگ خرماهای خشک روشن تر از خرماهای نیمه خشک و تر می باشد و بسته به مقدار رطوبت موجود در خرما و مدت زمانی که از برداشت گذشته و همچنین شرایط انبارمانی (دما، رطوبت و هوای محیط انبار) رنگ آن به تیره گی می گراید. تیره شدن رنگ خرماها از رنگ قهوه ای روشن به تیره گی می گراید. تیره شدن رنگ خرماها از رنگ آنزیمی اکسیداتیو (پلی فنلاز)<sup>۱</sup>، قهوه ای شدن غیر آنزیمی

<sup>۱</sup>Enzymatic oxidative browning (polyphenolase)

برای تهیه بهتر مواد رطوبت گیر<sup>۳</sup> و یا مواد جاذب رطوبت<sup>۴</sup> را پیشنهاد کردند.

ساباتلی و همکاران (Sabatelli et al., 2007) یک دستگاه جذب کننده رطوبت هوا با ماده جاذب جامد طراحی کردند. دمای کارکرد دستگاه ۴۵ تا ۹۰°C (برای دمای احیا کننده) بود. این دستگاه با موادی مثل سلیکا ژل یا زئولیت به عنوان جاذب کار می‌کرد. دابوس و جویس (Dubois and Joyce, 2005) موادی مثل کلرید کلسیم را به عنوان جاذب جامد یا گلیسرین و گلیکول رابه عنوان جاذب مایع پیشنهاد کردند. ساک و همکاران (Suk et al., 1980) انرژی لازم برای گرمایش هوای مرطوب را به دو صورت محسوس<sup>۵</sup> و نهان<sup>۶</sup> بیان نمودند. برای گرم کردن مولکول‌های هوا به انرژی محسوس و برای گرمایش بخار آب موجود در هوا به انرژی نهان، نیاز است بنابراین اگر بتوان رطوبت هوا را کاهش داد، می‌توان در مصرف انرژی نهان صرفه‌جویی کرد. ماده جاذب مورد استفاده آن‌ها کلرید لیتیم و سلیکا ژل بود. از مزایای سیستم‌های جذبی با ماده جاذب آب، عملکرد بالای سیستم در دمای پایین می‌باشد. از مزایای دیگر آن می‌توان به صرفه‌جویی در انرژی مصرفی اشاره کرد (Parsons et al., 1987; Henning, 2004).

استعمران خرمایی تجاری، صنعتی و صادراتی به رنگ قهوه‌ای روشن و از گونه نیمه خشک می‌باشد که در مرداد و شهریور ماه برداشت می‌شود. این محصول حدود ۱۲٪ تولید خرمای کشور و ۸۰٪ سطح زیر کشت خرما در خوزستان را به خود اختصاص داده است. ۲۰ الی ۲۵٪ صادرات خرمای کشور از خوزستان انجام می‌گیرد (پژمان، ۱۳۸۳). متأسفانه بر خلاف تولید زیاد این محصول در کشور به دلیل عدم توجه به مسایل پس از برداشت از جمله شرایط انبار مناسب، بازار فروش خوبی در جهان ندارد.

با توجه به مطالب بالا لازم است رطوبت خرما بعد از برداشت در مدت زمان کوتاهی به مقدار مطلوب برسد و با ضد عفونی مناسب دوره انبارمانی آن را افزایش داد. یکی از روش‌های مناسب برای تنظیم رطوبت و افزایش زمان انبارمانی خرما، استفاده از انرژی خورشیدی در قالب خشک‌کن است که می‌توان با مجهز کردن به سیستم رطوبت‌گیر، زمان لازم برای بهینه کردن مقدار رطوبت خرما را کاهش داد.

اکسیداتیو (بدلیل وجود تانن‌ها<sup>۱</sup> با ترکیبات پیچیده) و قهوه‌ای شدن غیر اکسیداسیونی<sup>۲</sup> (واکنش میلارد) می‌باشد (Andre and Zaid, 2002).

تخمیر، تیره شدن و از دست دادن رایحه از بیشترین عوامل خرابی خرما می‌باشد که هر سه عامل ناشی از ازدیاد میزان رطوبت و دما نگهداری است. رطوبت و دما دو عامل عمده‌ای است که در ماندگاری خرما تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال خرمای رقم دگلت نور را می‌توان به مدت یک سال در دمای صفر درجه سلسیوس، هشت ماه در دمای ۵°C، سه ماه در دمای ۱۵°C و یک ماه در دمای ۲۷°C نگهداری نمود (Rygg, 1957). برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که برای خرمای دگلت نور، تغییر رطوبت از ۲۰ به ۲۴٪ مقدار تیره‌شدن میوه را چهار برابر تسریع می‌کند (Rygg, 1975). نتایج تحقیقی دیگر نشان می‌دهد که استفاده از اتمسفر کنترل شده با ۶۰ تا ۸۰٪ دی‌اکسید کربن روشی مناسب برای انبارمانی و ضد عفونی می‌باشد (Donahaye et al 1998). در تحقیقی سی تن خرما در شرایط اتمسفر کنترل شده با ۶۰ تا ۸۰٪ گاز CO<sub>2</sub> به مدت ۴/۵ ماه نگهداری شد و از نظر درصد مرگ و میر حشرات، فعالیت آبی، ترکیبات قند، جدا شدن پوست از میوه و تغییر رنگ با تیمار شاهد که در دمای ۱۸°C - نگهداری شده بود، مقایسه گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار اعمال شده با شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد (Navarro et al., 2001).

در سالهای اخیر برای کاهش صدمات ناشی از حرارت با دمای بالا، تداوم عمل خشک‌کردن در شب و کاهش زمان خشک کردن، خشک‌کن‌های مجهز به سیستم‌های جاذب رطوبت پیشنهاد شده است. به عنوان مثال، طی تحقیقی دابوس و جویس (Dubois and Joyce, 2005) اعلام کردند، در فرآیند خشک کردن گل‌ها و برگ درختان، کاهش زمان خشک‌شدن موجب تغییر کمتر رنگ گیاه شده و باعث حفظ رنگ ظاهری گیاه می‌شود که ناشی از کاهش فعالیت شیمیایی در مدت زمان کم خشک کردن می‌باشد. آن‌ها در این تحقیق، مناسب‌ترین دما، برای خشک کردن این گیاهان را ۶۰°C تا ۸۰°C معرفی کردند. اگر دما از ۶۰°C بیشتر شود، برخی از آنزیمها که در قهوه‌ای شدن رنگ گیاه تأثیر دارند، غیر فعال یا کم فعال می‌شوند و دمای بالاتر از ۸۰°C باعث سوختن محصول می‌شود. همچنین اعلام داشتند که بهتر است برای خشک کردن مناسب، رطوبت هوای ورودی کنترل شده باشد و تهیه مناسبی صورت گیرد تا عمل خشک شدن تسریع شود و

۳ - Dehumidifiers

۴ - Desiccant

۵- Sensible

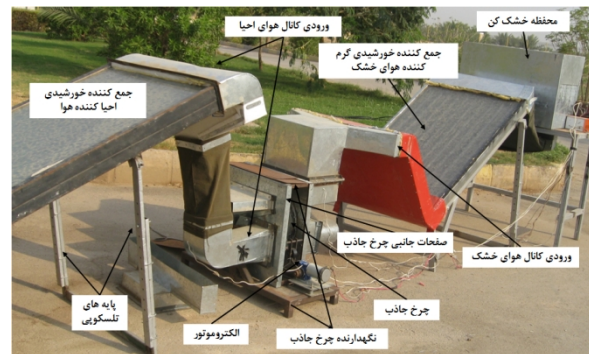
۶- Latent

۱Tannin

۲ - Polyphenol Oxidase

## مواد و روش ها

در ابتدا برای طراحی و ساخت دستگاه نیاز به منحنی های همدمای تعادلی خرما بود. بعد از بدست آوردن این منحنی ها خشک کن خورشیدی با سیستم کنترل رطوبت در دانشگاه تربیت مدرس طراحی و ساخته شد. با توجه به اینکه نور مستقیم روی رنگ محصول تاثیر می گذارد و رطوبت نیز باید کنترل می شد خشک کن از نوع خورشیدی غیرمستقیم و فعال ساخته شد (Ekechukwu and Norton, 1999). برای این خشک کن سیستم کنترل رطوبت از نوع جاذب جامد برای کاهش رطوبت هوای ورودی به محفظه خشک کن طراحی و نصب گردید (شکل ۱).



شکل ۱: نمایی کلی از دستگاه ساخته شد و نحوه ارتباط قطعات با یکدیگر

Fig. 1 A schematic of the manufactured device

## تنظیم رطوبت خرما برای تعیین خواص کیفی و کمی در طول سه ماه انبارمانی

بعد از بازدید از شرکت های فعال در بخش فرآوری و صادرات خرما تجاری استعماران در شهرهای اهواز، خرم شهر، آبادان و شادگان، و تحقیق درباره رطوبت مناسب خرما برای انبارمانی و صادرات، محدوده مناسب رطوبت برای خرما تجاری استعماران ۱۳ تا ۱۹٪ بر پایه خشک (d.b.) تعیین گردید. بنابراین آزمایش های مربوط به تنظیم رطوبت خرما جهت تعیین خواص کیفی و کمی خرما در طول سه ماه انبارمانی به صورت طرح فاکتوریل در چهار سطح دمایی و سه سطح رطوبت نهایی مطابق جدول (۱) با سه تکرار انجام گرفت.

جدول ۱: جدول ماتریس آزمایش های مربوط به تعیین خواص کیفی و

کمی خرما استعماران در دوره انبارمانی

Table 1- Table of matrix regarding the experiments of quality and quantity determination of Estamaran date during store stay

ردیف	پارامتر	سطوح انتخابی			
		۴	۳	۲	۱
۱	دما (°C)	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰
۲	رطوبت نهایی (%d.b.)	۱۹-۱۷	۱۷-۱۵	۱۵-۱۳	

## نحوه تهیه و انبارداری نمونه ها

وزن نمونه ها با توجه به مقدار نمونه لازم برای تعیین صفات کیفی با سه بار آزمایش (هر ماه یک بار) برابر ۶۰۰ گرم در نظر گرفته شد. جمعاً ۴۰ نمونه که ۳۶ نمونه برای تنظیم رطوبت، ۳ نمونه برای شاهد و ۱ نمونه به عنوان نمونه اولیه انتخاب گردید. رطوبت خرماهای برداشت شده ۱۵/۷۸٪ بر پایه خشک اندازه گیری گردید. با توجه به اینکه در زمان خشک کردن محصول (زمان لازم برای تعیین رطوبت خرما، ۳ روز با آن خلاء در دمای ۷۰°C می باشد) امکان تعیین رطوبت خرما در طول فرایند وجود نداشت، از رابطه (۱) برای تعیین وزن نهایی نمونه (W<sub>f</sub>) و از رابطه (۲) نیز برای تعیین رطوبت لحظه ای (M) نمونه ها استفاده شد (Shanmugama and Natarajan, 2006).

$$W_f = \frac{(1+M_{f.d.b.})W_i}{(1+M_{i.d.b.})} \quad (1)$$

$$M = \frac{W}{W_i} (1 + M_{i.d.b.}) - 1 \quad (2)$$

در روابط فوق W، W<sub>i</sub>، M<sub>i</sub> d.b. و M<sub>f</sub> d.b. به ترتیب جرم در هر لحظه (kg)، جرم اولیه (kg)، رطوبت اولیه و رطوبت نهایی نمونه بر حسب اعشار و بر پایه خشک (d.b.) می باشد. در هر آزمایش سه عدد خرما برای مشخص کردن روند کاهش وزن نمونه ها، در ساعت اول هر ۲۰ دقیقه، و در ساعت های بعدی هر ۳۰ دقیقه توزین شد و بعد از رسیدن به رطوبت مورد نظر، با آن خشک و رطوبت واقعی آنها تعیین گردید.

برای سطح رطوبتی ۱۳-۱۵٪ نمونه ها بوسیله خشک کن و با استفاده از سیستم جاذب رطوبت، تا رطوبت ۱۴٪ خشک شدند و برای سطح رطوبتی ۱۷-۱۹٪ با استفاده از رطوبت ساز، رطوبت نمونه ها به ۱۸٪ رسانده شد. برای سطح رطوبتی ۱۵-۱۷٪ با توجه به اینکه رطوبت اولیه خرما ۱۵/۷۸ ± ۰/۲۸٪ بود، نیازی به کاهش یا افزایش رطوبت نمونه ها نبود و در نتیجه فقط تیمار حرارتی مربوط به ضد عفونی اعمال شد تا مشخص گردد در اثر اعمال تیمار ضد عفونی آیا خواص کیفی و کمی خرما در طول انبارمانی تغییر خواهد کرد. برای جلوگیری از افزایش یا کاهش رطوبت نمونه ها در زمان اعمال تیمار، با استفاده از منحنی همدمای تعادلی به دست آمده برای خرما استعماران، در دماهای ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰°C رطوبت نسبی داخل محفظه خشک کن به حدود ۵۵٪ رسانده شد (رهنما و همکاران، ۱۳۹۰) و مدت زمان اعمال تیمار حرارتی در سطح رطوبتی مذکور برای دمای ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ به ترتیب برابر ۱۰۸۰، ۲۴۰، ۷۵ و ۲۵ دقیقه در نظر گرفته شد (بر طبق مدت

گانه دما، رطوبت و زمان مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. همه آزمایش‌ها به صورت طرح فاکتوریل انجام و بوسیله نرم‌افزار SPSS\_13 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین اثر دمای فرایند تنظیم رطوبت و رطوبت تعادلی (TM) نسبت به مدت زمان انبارماني بر مقدار رنگ (L, C, E) در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر تیمار دما-رطوبت (TM) نسبت به زمان

انبارماني بر رنگ خرماي استعمران

Table 2- Analysis of variance for the effect of temprature-moisture (TM) concerning the store stay time on Estamaran date color

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	L رنگ	ΔE رنگ	C رنگ	H رنگ
TM	۱۱	۱۷/۰۰**	۵/۰۸**	۲۰/۳۵**	۱۴/۱**
زمان	۲	۴۲۱/۶۸**	۳۳/۴۷**	۱۰۰/۵۵**	۲۰/۷۱۵**
زمان × TM	۲۲	۶/۴۷**	۳/۱۳**	۱۴/۰۹**	۶/۸۹۳**
خطا	۷۲	۱/۶۹۵	۱/۳۳	۴/۳۸۶	۳/۲۳۴

\*\*، \* و ns به ترتیب معنی داری در سطوح احتمال ۱، ۵٪ و عدم معنی داری می‌باشد

طبق جدول (۲) اثر متقابل زمان × TM در سطح ۱٪ برای پارامتر رنگ (L, C, E و H) معنی دار بود، بنابراین مقایسه میانگین به صورت تجزیه مرکب و برای هر ماه و هر TM جداگانه انجام گرفت که نتایج حاصل از این تجزیه مرکب در جدول (۳) آورده شده است و به تفکیک هر پارامتر رنگ تجزیه و تحلیل می‌شود.

### مولفه L رنگ

با توجه به جدول (۳) اثر دما × رطوبت روی مولفه L در تمام ماه‌ها معنی دار نیست. همچنین در ماه اول هیچ یک از تیمارهای دما و رطوبت بر مقدار L اثر معنی دار نداشته است. همچنین بین میوه تازه، شاهد و بقیه تیمارها نیز تفاوت معنی دار نبود و همه در یک گروه قرار داشتند. در ماه‌های دوم و سوم اثر دما و رطوبت در سطح ۵٪ معنی دار است. یعنی دما و رطوبت در ماه دوم و سوم روی مقدار L تاثیر داشتند.

با توجه به اینکه مولفه L رنگ نسبت به اثر متقابل زمان × TM معنی دار بود (جدول ۲)، لازم است که مشخصه رنگ مذکور از نظر زمان انبارماني نیز تجزیه مرکب انجام گیرد. مقایسه میانگین تجزیه مرکب مولفه L رنگ نسبت به ماه‌های مختلف برای ترکیب دما و رطوبت‌ها (TM) در جدول (۴) آورده شده است.

زمانی که FAO در کتاب محصول خرما جهت ضد عفونی کلی خرما برای هر دما ذکر کرده بود.

نمونه‌ها بعد از اعمال تیمارهای مورد نظر، از دستگاه خارج و داخل کیسه نایلونی قرار داده شد و سپس کیسه‌ها داخل کارتن‌های ۳۰۰ گرمی مخصوص خرما که در بازار وجود دارد قرار گرفت و در اتاق معمولی انبار شد. بعد از هر ماه از انبارماني از هر کارتن ۱۰۰ گرم خرما جدا و در فریزر با دمای ۱۸°C- برای تعیین خواص کیفی و کمی آن در طول مدت زمان انبارماني نگهداری شد.

رنگ نمونه‌ها به وسیله دستگاه هانترب لیب (مدل Hunter Lab - Color Flex 45/0 - Roston - USA) اندازه‌گیری گردید. این دستگاه سه مقدار L, a و b را نشان می‌دهد. مقدار L بیانگر روشنایی نمونه<sup>۲</sup> که از صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید)، a و b بیانگر رنگی بودن نمونه<sup>۳</sup> که از a از ۱۰۰- (سبز) تا ۱۰۰+ (قرمز) و b از ۱۰۰- (آبی) تا ۱۰۰+ (زرد) تغییر می‌کند (Elleuch et al., 2008; Maria et al., 2004).

برای مقایسه رنگ معمولاً از پارامترهای روشنایی L، اختلاف کلی رنگ (ΔE)، رنگی بودن<sup>۴</sup> (C) و درجه رنگ<sup>۵</sup> (H) استفاده می‌شود که از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$\Delta E = \sqrt{(L - L^*)^2 + (a - a^*)^2 + (b - b^*)^2} \quad (۳)$$

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (۴)$$

$$H = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad (۵)$$

پارامترهای L\*, a\* و b\* مقادیر استاندارد هر دستگاه می‌باشند که برای دستگاه فوق به ترتیب برابر ۲۶/۲۳، ۲۶/۷ و ۱۰/۴ است. مقادیر ۰، ۴۵، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰° برای H به ترتیب بیانگر قرمز ارغوانی، پرتقالی، زرد، سبز مایل به آبی و آبی می‌باشد.

برای تحلیل آماری با توجه به اینکه در شاهد فقط تیمار زمان تاثیر داشته است (تیمار دما و رطوبت اعمال نگردیده است) ابتدا اثر تیمار رطوبت-دما (تیمار TM) در زمان انبارماني مورد بررسی قرار گرفت. اگر اثر متقابل زمان × TM در سطح ۵٪ معنی دار بود، اثر تک‌تک تیمارها در زمان‌های مختلف انبارماني به طور مجزا مورد بررسی و در صورت معنی دار نبودن اثر متقابل زمان × TM، اثر کلی تیمارها بصورت فاکتوریل سه

۱ - Hunterlab

۲ - Lightness

۳ - Chromaticity

۴ - Chroma

۵ - Hue

جدول ۳: تجزیه واریانس میانگین L, C, H و ΔE رنگ در اثر تیمارهای اعمال شده در ماههای مختلف انبارمانی

Table 3- Analysis of variance of means of L, C, H and ΔE of color affected by the treatments in different stor stay months

زمان انبارمانی	منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات خطا در سطح ۵٪		
			L	C	H
ماه اول	دما	۳	۲/۴۱۳ <sup>ns</sup>	۱۰/۷۵*	۶/۴۳۸ <sup>ns</sup>
	رطوبت	۲	۱/۳۲۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۷۵ <sup>ns</sup>	۶/۱۲۷ <sup>ns</sup>
	دما × رطوبت	۶	۹/۴۱۶ <sup>ns</sup>	۴/۲۷۸ <sup>ns</sup>	۳/۹۶۲ <sup>ns</sup>
	خطا	۲۴	۱/۸۷	۳/۱	۲/۲۳
	میوه تازه VS ترکیب دما و رطوبت	۱	۹/۴۴ <sup>ns</sup>	۴/۱۶ <sup>ns</sup>	۱/۶۸ <sup>ns</sup>
	شاهد VS ترکیب دما و رطوبت	۱	۱۶/۰۴ <sup>ns</sup>	۱/۴۹ <sup>ns</sup>	۲/۱ <sup>ns</sup>
ماه دوم	دما	۳	۲۹/۲۷ <sup>**</sup>	۱۹/۰۴ <sup>**</sup>	۱۶/۳۰*
	رطوبت	۲	۲۶/۵۳ <sup>**</sup>	۱۵/۳۹ <sup>**</sup>	۰/۵۳ <sup>ns</sup>
	دما × رطوبت	۶	۲/۱۹ <sup>ns</sup>	۳/۴۵ <sup>ns</sup>	۳/۸۹ <sup>ns</sup>
	خطا	۲۴	۱/۳۰	۲/۵۱	۳/۸۸
	میوه تازه VS ترکیب دما و رطوبت	۱	۷۴/۸۹ <sup>**</sup>	۲۹/۵۶ <sup>**</sup>	۹/۵۰ <sup>ns</sup>
	شاهد VS ترکیب دما و رطوبت	۱	۰/۳۱۴ <sup>ns</sup>	۱۷/۸۷ <sup>**</sup>	۶/۶۲ <sup>ns</sup>
ماه سوم	دما	۳	۶/۵۸*	۲۶/۱۵*	۳۰/۷۴ <sup>**</sup>
	رطوبت	۲	۳۱/۶۷ <sup>**</sup>	۴۷/۲۲ <sup>**</sup>	۱۷/۶۱ <sup>**</sup>
	دما × رطوبت	۶	۲/۸۳۴ <sup>ns</sup>	۱۵/۱۱ <sup>ns</sup>	۶/۹۱*
	خطا	۲۴	۲/۱۸۳	۶/۵۸	۲/۴۵
	میوه تازه VS ترکیب دما و رطوبت	۱	۲۰/۷۹۳ <sup>**</sup>	۵۰/۷۹ <sup>**</sup>	۱۳/۱۶*
	شاهد VS ترکیب دما و رطوبت	۱	۱۸/۰۴ <sup>**</sup>	۴۴/۵۹ <sup>**</sup>	۱۰/۹۶*

\*، \*\* و ns به ترتیب معنی داری در سطوح احتمال ۱، ۵٪ و عدم معنی داری می باشد

جدول ۴: مقایسه میانگین تجزیه مرکب L نسبت به ماههای مختلف برای تمام دماها و رطوبت ها

Table 4- Comparison of L compound analysis at different months for all of temperatures and moistures

ماه سوم	ماه دوم	نوع تیمار	
		دما (°C)	رطوبت تعادلی (%)
۲۴/۶۸ <sup>C</sup>	۲۹/۳۷ <sup>B</sup>	۳۱/۶۱ <sup>AB</sup>	۱۴
۲۵/۱۷ <sup>C</sup>	۲۸/۰۶ <sup>B</sup>	۲۷/۹۲ <sup>AB</sup>	۱۶
۲۴/۴۸ <sup>C</sup>	۲۷/۵۵ <sup>C</sup>	۳۰/۶۴ <sup>A</sup>	۱۸
۲۴/۲۱ <sup>C</sup>	۲۹/۱۶ <sup>B</sup>	۲۹/۵۱ <sup>AB</sup>	۱۴
۲۶/۲۵ <sup>C</sup>	۲۹/۷۰ <sup>B</sup>	۳۱/۱۶ <sup>AB</sup>	۱۶
۲۲/۸۹ <sup>C</sup>	۲۷/۷۵ <sup>B</sup>	۲۸/۷۴ <sup>AB</sup>	۱۸
۲۳/۹۳ <sup>C</sup>	۲۸/۷۱ <sup>B</sup>	۲۹/۷۱ <sup>AB</sup>	۱۴
۲۵/۶۷ <sup>C</sup>	۲۶/۹۱ <sup>C</sup>	۳۳/۲۹ <sup>A</sup>	۱۶
۲۳/۷۸ <sup>C</sup>	۲۴/۶۶ <sup>C</sup>	۳۰/۰۳ <sup>A</sup>	۱۸
۲۴/۵۱ <sup>C</sup>	۲۷/۰۱ <sup>C</sup>	۳۱/۱۵ <sup>A</sup>	۱۴
۲۲/۶۶ <sup>D</sup>	۲۴/۹۵ <sup>C</sup>	۲۹/۴۶ <sup>A</sup>	۱۶
۲۰/۳۲ <sup>D</sup>	۲۲/۴۷ <sup>D</sup>	۳۰/۱۸ <sup>A</sup>	۱۸
۲۶/۲۶ <sup>C</sup>	۲۷/۵۱ <sup>BC</sup>	۳۲/۹۴ <sup>A</sup>	شاهد
	۳۲/۳۷ <sup>A</sup>		میوه تازه

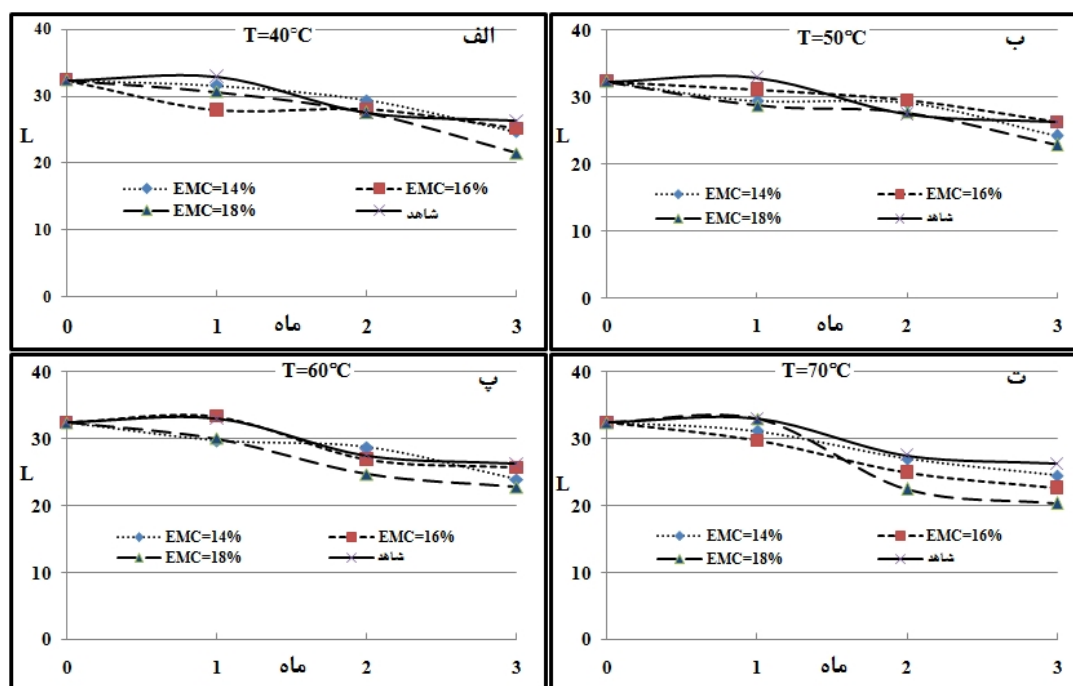
حروف هم نام به معنی عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ است

اعمال تیمار حرارتی ۷۰°C باعث کاهش معنی دار L در ماه دوم و سوم انبارمانی نسبت به ماه اول شده است و همچنین اعمال تیمار رطوبتی ۱۶ و ۱۸٪ در اثر دمای ۶۰°C بعد از دو ماه انبارمانی باعث کاهش معنی دار L نسبت به ماه قبل و در نتیجه تیره تر شدن خرما شده است. همچنین مقدار L در ماه اول

با توجه به جدول (۴) مقدار L از ماه اول تا ماه سوم در تمام تیمارها از جمله شاهد کاهش معنی داری در سطح ۵٪ داشته است. این مطلب بیانگر آن است که بعد از گذشت دو ماه انبارمانی مقدار روشنایی (L) نمونه ها کاهش یافته و بیشترین کاهش در دمای ۷۰°C و رطوبت ۱۸٪ به دست آمده است.

شکل (۲) تغییرات مولفه L رنگ نمونه‌ها را نسبت به زمان انبارمانی در اثر اعمال تیمارهای دماها و رطوبت نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در دمای ۴۰°C و ۵۰°C (شکل الف و ب) از ماه دوم به ماه سوم تغییرات L زیادتر است (شیب تندتر) ولی برای دماهای ۶۰°C و ۷۰°C از ماه اول تا دوم تغییرات مشخص است. به عبارت دیگر، اعمال تیمار با دماهای بالا منجر به تیره شدن خرما (کاهش مقدار L) در زمان کوتاه‌تری می‌شود. بنابراین برای دمای ۶۰°C و ۷۰°C این اتفاق در ماه دوم افتاده است. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت برای انبارمانی بیش از یک ماه، اعمال تیمار رطوبتی ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ به خرما بادمای ۷۰°C و اعمال تیمار رطوبتی ۱۶ و ۱۸٪ به خرما با دمای ۶۰°C باعث کاهش مقدار L و در نتیجه، تیره شدن خرما می‌شود. یعنی دمای ۷۰°C دمای مناسبی برای رطوبت دهی و ضد عفونی از نظر تغییر مقدار L نیست و رطوبت‌دهی در دمای کمتر از ۶۰°C بهتر می‌باشد.

باشاهد و میوه تازه تفاوت ندارد و این مطلب نشان می‌دهد که در همه تیمارهای دما و رطوبت گذشت یک ماه تأثیری روی مقدار L رنگ نداشته است ولی بعد از یک ماه تمام ترکیب تیمارهای دما و رطوبت و شاهد، کاهش معنی‌داری نسبت به مقدار میوه تازه داشته است. با مقایسه ترکیب تیمارهای دما و رطوبت برای ماه دوم و سوم با شاهد مشخص می‌شود که تیمار دمای ۷۰°C و رطوبت ۱۸٪ در ماه دوم و تیمار دمایی ۷۰°C در رطوبت‌های ۱۶ و ۱۸٪ در ماه سوم معنی‌دار است. یعنی اعمال تیمار دمایی ۷۰°C در رطوبت بالا باعث تیره تر شدن در زمان کوتاه‌تری می‌شود و هر چه رطوبت بیشتر باشد این اتفاق سریع‌تر می‌افتد. پس می‌توان نتیجه گرفت که بعد از یک ماه انبارمانی رنگ محصول تیره می‌شود و اگر رطوبت بالا باشد یا تیمار دمایی اعمال گردد باعث سریع‌تر شدن این فرایند می‌شود.



شکل ۲ روند تغییرات مولفه L رنگ نمونه‌ها نسبت به زمان انبارمانی در اثر اعمال تیمارهای مختلف دما و رطوبت  
Fig. 2 L component variation of sample colors against with store stay time as affected by different temperatures and moistures

باعث کاهش معنی‌دار مقدار C از ماه دوم به بعد نسبت به ماه اول شده است. ضمن اینکه همین تیمار رطوبتی اعمال شده در دمای ۷۰°C کاهش معنی‌داری روی مقدار C در ماه سوم نسبت به ماه دوم داشته است. همچنین اعمال تیمارهای رطوبتی ۱۶ و ۱۸٪ با دمای ۵۰°C باعث کاهش معنی‌دار مقدار C از ماه سوم به بعد نسبت به ماه اول شده است. اعمال تیمارهای رطوبتی ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ با دمای ۴۰°C تأثیر معنی‌داری روی مقدار C بعد از سه ماه انبارمانی ندارد. مقدار C محصول تازه

## مولفه C رنگ

با توجه به اینکه مولفه C رنگ نسبت به اثر متقابل با زمان  $TM \times$  معنی‌دار بود (جدول ۲)، لازم است از نظر زمان انبارمانی نیز تجزیه مرکب انجام گیرد. جدول (۵) تجزیه مرکب مولفه C رنگ نمونه‌ها را با استفاده از آزمون دانکن نسبت به ماه‌های مختلف انبارمانی و مقایسه شاهد و میوه تازه با بقیه تیمارها با آزمون دانت را نشان می‌دهد. مطابق جدول (۵)، اعمال تیمارهای رطوبتی ۱۶ و ۱۸٪ با دماهای ۶۰°C و ۷۰°C



۷۰°C (نمودار «پ» و «ت») این تغییرات برای تمام تیمارهای رطوبتی این شیب تندتر است که نشان می‌دهد دماهای ۶۰ و ۷۰°C باعث کاهش مولفه C رنگ خرما شده است. همانطور که در نمودار «ت» شکل (۳) دیده می‌شود بیشترین کاهش در تیمار رطوبتی ۱۸٪ رخ داده است. به طور کلی می‌توان گفت که رساندن خرما به رطوبت‌های ۱۶ و ۱۸٪ در دماهای ۶۰ و ۷۰°C برای انبارمانی بیش از یک ماه باعث کاهش معنی‌دار مقدار C نسبت به شاهد و میوه تازه می‌شود و اعمال تیمار رطوبتی ۱۸٪ در دمای ۵۰°C همین تاثیر را از ماه سوم به بعد دارد. بنابراین بهتر است برای حفظ رنگ خرما (C) در انبارمانی بیش از یک ماه، تیمار حرارتی با دمای بالا و رطوبت بالا به خرما اعمال نشود و سعی شود از تیمار حرارتی با دمای پایین‌تر از ۶۰ و ۷۰°C استفاده شود.

چیده شده با مقدار ۳۱/۱۶ با تیمارهای رطوبتی ۱۶ و ۱۸٪ اعمال شده در دماهای ۶۰ و ۷۰°C از ماه دوم و اعمال شده با دمای ۵۰°C از ماه سوم به بعد تفاوت معنی‌داری دارد و با بقیه تیمارها از جمله شاهد، تفاوت معنی‌داری ندارد. این مطلب بیانگر آن است که اعمال رطوبت بالا به محصول با دمای بالا بعد از دو ماه باعث تغییر رنگ محصول خواهد شد و بهتر است برای تیمارهای رطوبتی بالا از دمای پایین استفاده شود. شکل (۳) تغییرات مقدار C رنگ نمونه‌ها را نسبت به ماه‌های انبارمانی در دماها و رطوبت‌های مورد آزمایش نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۳) تغییرات مقدار C نسبت به زمان برای دمای ۴۰°C در تمام رطوبت‌ها ناچیز است (نمودار «الف»). برای دمای ۵۰°C (نمودار «ب») از ماه دوم به ماه سوم تیمارهای رطوبتی ۱۶ و ۱۸٪ شیب تندی دارند و برای دماهای ۶۰ و

جدول ۵: تجزیه مرکب C نسبت به ماه‌های مختلف برای تمام دماها و رطوبت‌ها  
Table 5- C compound analysis in different months for different temperatures and moistures

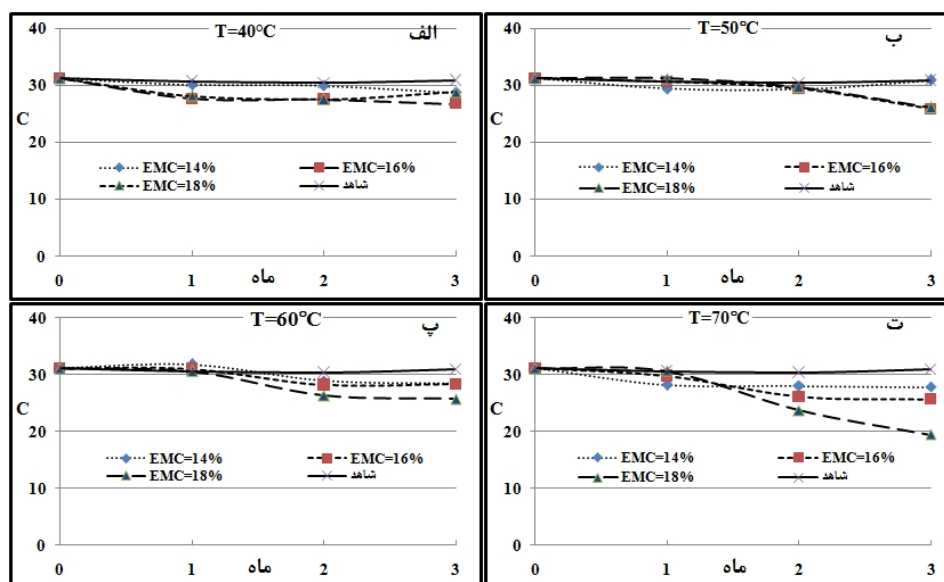
C		نوع تیمار		
ماه سوم	ماه دوم	ماه اول	رطوبت تعادلی (%)	دما (°C)
۲۸/۶۹ <sup>A</sup>	۲۹/۹۴ <sup>A</sup>	۳۰/۰۷ <sup>A</sup>	۱۴	۴۰
۲۶/۷۵ <sup>A</sup>	۲۷/۴۸ <sup>A</sup>	۲۷/۶۲ <sup>A</sup>	۱۶	
۲۸/۸۲ <sup>A</sup>	۲۷/۵۱ <sup>A</sup>	۲۸/۱۴ <sup>A</sup>	۱۸	
۳۰/۸۶ <sup>A</sup>	۲۹/۳۳ <sup>A</sup>	۲۹/۴۱ <sup>A</sup>	۱۴	۵۰
۲۵/۷۶ <sup>B</sup>	۲۹/۳۸ <sup>A</sup>	۳۰/۵۸ <sup>A</sup>	۱۶	
۲۶/۰۸ <sup>B</sup>	۲۹/۶۸ <sup>AB</sup>	۳۱/۲۱ <sup>A</sup>	۱۸	
۲۸/۴۶ <sup>A</sup>	۲۸/۹۳ <sup>A</sup>	۳۱/۸۱ <sup>A</sup>	۱۴	۶۰
۲۸/۳۰ <sup>B</sup>	۲۸/۲۲ <sup>A</sup>	۳۱/۰۵ <sup>A</sup>	۱۶	
۲۵/۷۳ <sup>B</sup>	۲۶/۳۰ <sup>B</sup>	۳۰/۶۰ <sup>A</sup>	۱۸	
۲۷/۸۷ <sup>A</sup>	۲۸/۰۶ <sup>A</sup>	۲۸/۲۱ <sup>A</sup>	۱۴	۷۰
۲۵/۷ <sup>B</sup>	۲۶/۱۳ <sup>B</sup>	۲۹/۸۲ <sup>A</sup>	۱۶	
۱۹/۴۷ <sup>C</sup>	۲۳/۷۳ <sup>B</sup>	۳۰/۶۶ <sup>A</sup>	۱۸	
۳۰/۸۹ <sup>A</sup>	۳۰/۴۳ <sup>A</sup>	۳۰/۸۹ <sup>A</sup>	شاهد	
۳۱/۱۶ <sup>A</sup>			میوه تازه	

حروف هم نام به معنی عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است

اثر گذشت زمان شده است و همین حالت برای دمای ۷۰°C با رطوبت ۱۶٪ بعد از گذشت دو ماه اتفاق افتاده است. در حالی که مقدار H شاهد با گذشت زمان تغییر معنی‌داری نداشته است. پس می‌توان گفت که اعمال تیمار دمای ۷۰°C با تیمار رطوبتی ۱۶٪ و بالاتر باعث کاهش معنی‌دار مقدار H محصول در طولانی‌مدت می‌شود. لازم به ذکر است که مقدار H محصول تازه چیده شده با مقدار ۶۲/۷۵ در جدول (۶) در گروه AB قرار می‌گیرد.

## مولفه H رنگ

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل زمان  $TM \times$  روی مولفه H رنگ (جدول ۲)، از نظر زمان انبارمانی نیز نسبت به ترکیب تک تیمارهای دما و رطوبت تجزیه مرکب انجام گرفت که نتایج این تجزیه در جدول (۶) آورده شده است. با توجه به جدول (۶) مقدار H فقط در اثر تیمار دمای ۷۰°C و رطوبت ۱۸٪ در طول انبارمانی کاهش معنی‌داری داشته است. یعنی اعمال رطوبت ۱۸٪ با دمای ۷۰°C باعث کاهش معنی‌دار H در



شکل ۳: روند تغییرات مقدار C رنگ نمونه‌ها نسبت به ماه‌های انبارماني در دماها و رطوبت‌های مختلف  
 Fig. 3 C component variation of sample colors against with store stay time as affected by different temperatures and moistures

طور کلی می‌توان گفت اعمال تیمارهای حرارتی و رطوبتی بجز رطوبت ۱۶٪ و ۱۸٪ در اثر دمای ۷۰°C، تأثیری روی مقدار H در انبارماني سه ماهه نداشته است و دمای ۷۰°C برای اعمال رطوبت بالا در خرما، دمای مناسبی از نظر مقدار H نمی‌باشد و بهتر است از دمای پایین‌تری برای این منظور استفاده نمود. ولی برای خشک کردن خرما و کاهش دادن رطوبت آن به زیر ۱۶٪، می‌توان از دمای ۷۰°C نیز استفاده نمود.

#### مولفه $\Delta E$ رنگ

با توجه به معنی دار بودن اثر متقابل زمان  $\times$  TM روی مولفه  $\Delta E$  رنگ (جدول ۲)، نتایج حاصل از تجزیه مرکب از نظر زمان انبارماني در جدول (۷) آورده شده است. با توجه به جدول (۷) مقدار تغییر کلی رنگ ( $\Delta E$ ) در دمای ۴۰°C و تمام تیمارهای رطوبتی، در مدت زمان سه ماه انبارماني معنی دار نیست. به عبارت دیگر تا ماه سوم انبارماني در دمای ۴۰°C هیچ کدام از تیمارهای رطوبتی ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ با گذشت زمان تغییر معنی داری روی  $\Delta E$  نداشته‌اند. برای دمای ۶۰ و ۷۰°C تفاوت معنی داری در مقدار  $\Delta E$  بین ماه اول با ماه‌های دوم و سوم در رطوبت ۱۶٪ و ۱۸٪ دیده می‌شود که بیانگر تغییر رنگ در زمان کوتاهی بعد از اعمال تیمار دما و رطوبت‌های بالا است. برای دمای ۵۰°C نیز در رطوبت‌های ۱۶ و ۱۸٪ بین ماه اول و سوم در مقدار  $\Delta E$  محصول تازه چیده شده اختلاف معنی دار بود که نشان می‌دهد تغییر مقدار  $\Delta E$  برای دماهای پایین‌تر کندتر صورت می‌گیرد. مقدار  $\Delta E$  محصول تازه چیده شده برابر ۲۲/۱۹ بدست آمد که در گروه A به همراه شاهد قرار گرفت و نشان می‌دهد که در ماه اول تیمارهای دما و رطوبت روی  $\Delta E$  تأثیری ندارند. به طور کلی می‌توان گفت که با اعمال تیمار

جدول ۶: مقایسه میانگین تجزیه مرکب H نسبت به ماه‌های مختلف انبارماني در تمام دماها و رطوبت‌ها

Table 6- Mean comparisons of H compound analysis in different store stay months for different temperatures and moistures

دما (°C)	رطوبت تعادلی (%d.b.)	نوع تیمار		
		زمان انبارماني	ماه اول	ماه دوم
۴۰	۱۴	۶۱/۶۸ <sup>A</sup>	۶۲/۳۳ <sup>A</sup>	۶۳/۲۱ <sup>A</sup>
	۱۶	۶۰/۰۷ <sup>A</sup>	۵۹/۸۱ <sup>A</sup>	۶۰/۶۷ <sup>A</sup>
	۱۸	۶۱/۶۴ <sup>A</sup>	۶۱/۹۱ <sup>A</sup>	۶۱/۴۷ <sup>A</sup>
۵۰	۱۴	۶۱/۳۵ <sup>A</sup>	۶۱/۵۷ <sup>A</sup>	۶۳/۱ <sup>A</sup>
	۱۶	۶۳/۲۰ <sup>A</sup>	۶۳/۲۱ <sup>A</sup>	۶۱/۴۱ <sup>A</sup>
	۱۸	۶۲/۱۸ <sup>A</sup>	۶۲/۶۸ <sup>A</sup>	۶۰/۶۳ <sup>A</sup>
۶۰	۱۴	۶۲/۵۰ <sup>A</sup>	۶۰/۴۱ <sup>A</sup>	۶۱/۲۹ <sup>A</sup>
	۱۶	۶۳/۰۲ <sup>A</sup>	۶۱/۴۳ <sup>A</sup>	۶۰/۵۷ <sup>A</sup>
	۱۸	۶۳/۱۸ <sup>A</sup>	۵۹/۴۴ <sup>A</sup>	۶۰/۸۹ <sup>A</sup>
۷۰	۱۴	۵۹/۲۶ <sup>A</sup>	۶۰/۲۱ <sup>A</sup>	۵۹/۴۱ <sup>A</sup>
	۱۶	۶۲/۵۶ <sup>A</sup>	۵۸/۸۸ <sup>B</sup>	۵۹/۸۳ <sup>B</sup>
	۱۸	۶۴/۱۶ <sup>A</sup>	۵۸/۸۸ <sup>B</sup>	۵۴/۳۳ <sup>C</sup>
	شاهد	۶۲/۸۴ <sup>A</sup>	۶۲/۴۴ <sup>A</sup>	۶۲/۵۶ <sup>AB</sup>
	میوه تازه		۶۲/۷۵ <sup>AB</sup>	

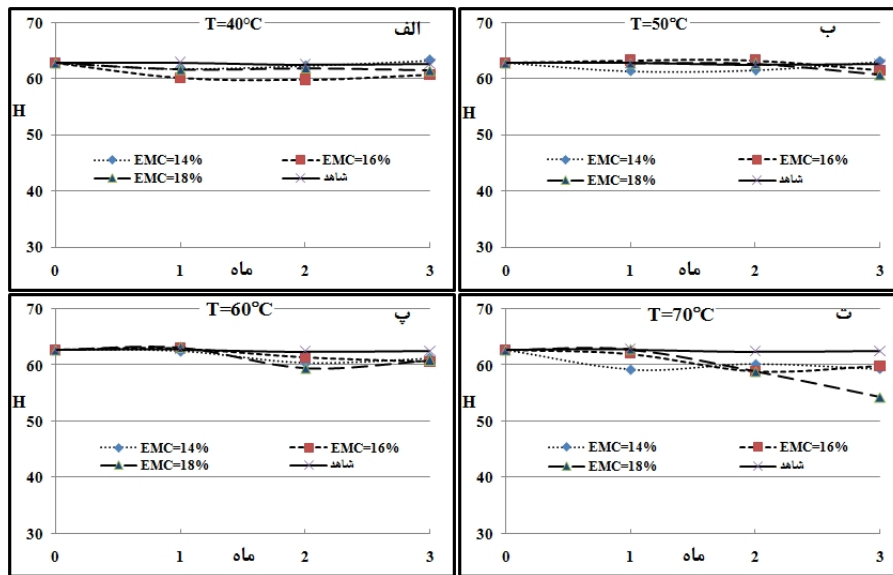
حروف هم نام به معنی عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ است

شکل (۴) تغییرات مقدار H رنگ نمونه‌ها را نسبت به ماه‌های انبارماني در دماها و رطوبت‌های مورد آزمایش نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود برای دمای ۷۰°C (نمودار «ت») منحنی رطوبت ۱۸٪ شیب رو به پایین زیادی با گذشت زمان دارد (مطابق جدول ۶) و در بقیه دماها (نمودارهای «الف»، «ب» و «پ») تغییرات مشخص نیست. به



مدت سه ماه بدون تغییر مقدار  $\Delta E$  نگهداری نمود.

دمایی  $40^{\circ}\text{C}$  می توان محصول را تا سه ماه، دمای  $50^{\circ}\text{C}$  به مدت دو ماه و یا با رطوبت پایین تر از ۱۶٪ در همه دماها به



شکل ۴: روند تغییر مقدار H رنگ نمونه ها نسبت به ماه های انبارمانی در دماها و رطوبت های مختلف

Fig. 4 H component variation of sample colors against with store stay time as affected by different temperatures and moistures

جدول ۷: مقایسه میانگین تجزیه مرکب  $\Delta E$  با استفاده از دانکن نسبت به ماه های مختلف در دماها و رطوبت های مورد آزمایش

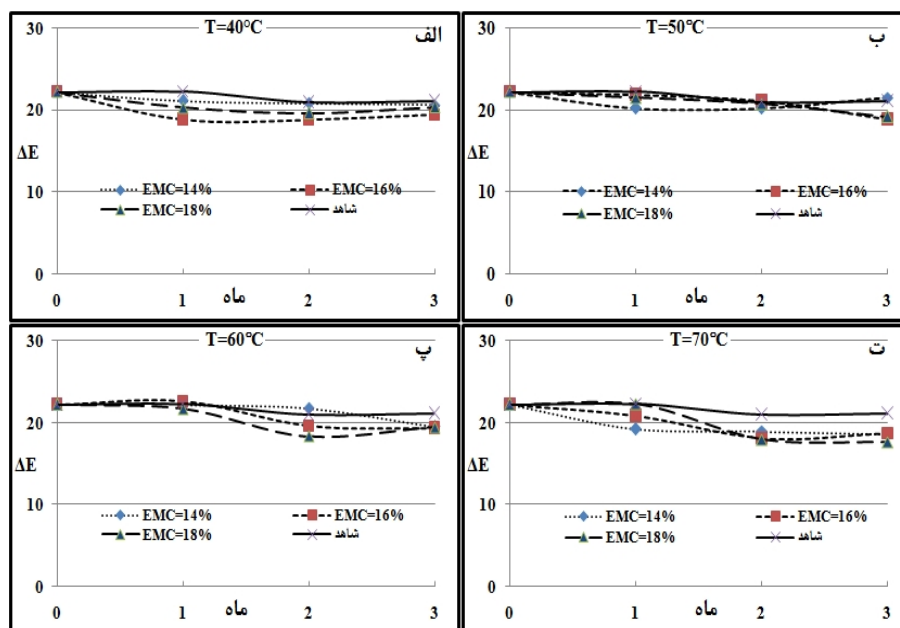
Table 7- Mean comparisons of  $\Delta E$  compound analysis in different store stay months for different temperatures and moistures

$\Delta E$		نوع تیمار	
ماه سوم	ماه دوم	ماه اول	رطوبت تعادلی (%)
۲۰/۵۸ <sup>A</sup>	۲۰/۸۵ <sup>A</sup>	۲۱/۱۳ <sup>A</sup>	۱۴
۱۹/۳۸ <sup>A</sup>	۱۸/۸۰ <sup>A</sup>	۱۸/۸۶ <sup>A</sup>	۱۶
۲۰/۳۳ <sup>A</sup>	۱۹/۶۱ <sup>A</sup>	۲۰/۲۵ <sup>A</sup>	۱۸
۲۱/۴۹ <sup>A</sup>	۲۰/۲۳ <sup>A</sup>	۲۰/۱۸ <sup>A</sup>	۱۴
۱۸/۸۷ <sup>B</sup>	۲۱/۱ <sup>A</sup>	۲۱/۸۵ <sup>A</sup>	۱۶
۱۹/۱۳ <sup>B</sup>	۲۰/۷۱ <sup>AB</sup>	۲۱/۵۱ <sup>A</sup>	۱۸
۱۹/۷۲ <sup>A</sup>	۱۹/۴۷ <sup>A</sup>	۲۱/۷۷ <sup>A</sup>	۱۴
۱۹/۳۲ <sup>B</sup>	۱۹/۶۰ <sup>B</sup>	۲۲/۶۱ <sup>A</sup>	۱۶
۱۹/۴۴ <sup>B</sup>	۱۸/۳۷ <sup>B</sup>	۲۱/۶۸ <sup>A</sup>	۱۸
۱۸/۵۶ <sup>A</sup>	۱۸/۹۴ <sup>A</sup>	۱۹/۲۱ <sup>A</sup>	۱۴
۱۸/۶۷ <sup>B</sup>	۱۸/۰ <sup>B</sup>	۲۰/۵۲ <sup>A</sup>	۱۶
۱۷/۶۰ <sup>B</sup>	۱۷/۹۵ <sup>B</sup>	۲۲/۳۷ <sup>A</sup>	۱۸
۲۱/۱۳ <sup>A</sup>	۱۸/۹۸ <sup>A</sup>	۲۲/۲۷ <sup>A</sup>	شاهد
	۲۲/۱۹ <sup>A</sup>		میوه تازه

حروف هم نام به معنی عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ است

از ماه دوم به ماه سوم کاهش مشخصی دارند. این روند برای دماهای  $60^{\circ}\text{C}$  و  $70^{\circ}\text{C}$  (نمودارهای «پ» و «ت») از ماه اول به ماه دوم مشاهده می شود. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که در انبارمانی بیش از یک ماه، از لحاظ تغییر مقدار  $\Delta E$  رنگ محصول، رساندن خرما به رطوبتهای ۱۶٪ و بالاتر بهتر است از دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و کمتر استفاده نمود ولی برای رساندن رطوبت محصول به ۱۴٪ و کمتر از آن می توان از دمای  $60^{\circ}\text{C}$  و  $70^{\circ}\text{C}$  نیز استفاده کرد.

شکل (۵) تغییرات مولفه  $\Delta E$  رنگ محصول نسبت به ماه های انبارمانی در رطوبت ها و دماهای مختلف مورد آزمایش را نشان می دهد. نمودارهای «الف»، «ب»، «پ» و «ت» به ترتیب برای دماهای  $40^{\circ}\text{C}$ ،  $50^{\circ}\text{C}$ ،  $60^{\circ}\text{C}$  و  $70^{\circ}\text{C}$  می باشد. همانطور که در شکل دیده می شود برای دمای  $40^{\circ}\text{C}$  (نمودار «الف») نمودارها با گذشت زمان تغییر مشخصی ندارند و برای دمای  $50^{\circ}\text{C}$  (نمودار «ب»)، نمودار مربوط به رطوبت های ۱۶ و ۱۸٪



شکل ۵: روند تغییرات مولفه  $\Delta E$  رنگ محصول نسبت به ماه‌های انبارماني در رطوبت‌ها و دماهای مختلف  
 Fig. 5  $\Delta E$  component variation of sample colors against with store stay time as affected by different temperatures and moistures

### نتیجه‌گیری

مقدار مولفه L رنگ، از ماه اول تا ماه سوم انبارماني در تمام تیمارها کاهش معنی‌داری در سطح ۵٪ داشته است. تیمار دمایی ۷۰°C باعث کاهش مقدار L در طول سه ماه انبارماني و در نتیجه تیره شدن خرما شد. برای انبارماني بیش از یک ماه، اعمال تیمار رطوبتی ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ به خرما با دمایی ۷۰°C و اعمال تیمار رطوبتی ۱۶ و ۱۸٪ به خرما با دمایی ۶۰°C باعث کاهش مقدار L و در نتیجه، تیره شدن خرما می‌شود. یعنی دمایی ۷۰°C دمای مناسبی برای رطوبت دهی و ضد عفونی از نظر تغییر مقدار L نیست و رطوبت‌دهی در دمایی کمتر از ۶۰°C بهتر می‌باشد.

هر دو تیمار دما و رطوبت تأثیر معنی‌داری بر کاهش مقدار C رنگ بعد از گذشتن سه ماه انبارماني داشتند که تیمار دمایی ۷۰°C و تیمار رطوبتی ۱۸٪ بیشترین کاهش را در C بوجود آوردند. بنابراین بهتر است برای حفظ رنگ خرما در انبارماني بیش از یک ماه، تیمار حرارتی با دمایی بالا و رطوبت بالا به خرما اعمال نشود و سعی شود از تیمار حرارتی با دمایی پایین‌تر از ۷۰°C استفاده شود.

اعمال تیمارهای حرارتی و رطوبتی بجز اعمال رطوبت ۱۶٪ و ۱۸٪ در اثر دمایی ۷۰°C، تأثیر روی مقدار H رنگ در انبارماني سه ماهه نداشته است و می‌توان نتیجه گرفت که فقط دمایی ۷۰°C برای اعمال رطوبت بالا در خرما یا اعمال تیمار رطوبتی (در رطوبت ۱۶٪ که فقط تیمار ضد عفونی اعمال گردیده است)، دمای مناسبی از نظر مقدار H نمی‌باشد و بهتر است از دمایی پایین‌تری برای این منظور استفاده نمود. ولی برای خشک کردن خرما و کاهش دادن رطوبت آن به زیر ۱۶٪، می‌توان از دمایی ۷۰°C نیز استفاده نمود.

دمایی ۶۰°C و ۷۰°C باعث تغییر کلی رنگ ( $\Delta E$ ) محصول می‌شود و با توجه به معنی‌دار نبودن تأثیر تیمار رطوبتی پایین روی مقدار  $\Delta E$  در سطح ۵٪، می‌توان نتیجه گرفت که از لحاظ تغییر مقدار  $\Delta E$  رنگ محصول، برای رساندن خرما به رطوبتهای ۱۶٪ و بالاتر بهتر است از دمایی ۵۰°C و کمتر استفاده نمود ولی برای رساندن رطوبت محصول به ۱۴٪ و کمتر از آن می‌توان از دمایی ۶۰°C و ۷۰°C نیز استفاده کرد.

## منابع

- ۱- پژمان، ح. (۱۳۸۳). فصلنامه کارون سبز. شماره ۸، ص ۶.
- ۲- رهنما، م.، خوش تقاضا، م. ه.، قبادیان، ب. و احمدی زاده، س. ۱۳۹۰ میزان رطوبت تعادلی و گرمای ایزوستریک جذب و دفع خرمای استعمران. *مجله علوم و صنایع غذایی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس*. دوره ۸، شماره ۱.
- 3- Andre, B. and Zaid, A. (2002). Date palm cultivation. FAO Plant Production and Protection Paper. 156 rev.1. **Food and Agricultural Organization of the United Nations**, Rome.
- 4- Anonymous. (2002). Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. United Nations Environment Programme (UNEP). **Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee**. 455 pages.
- 5- Azawi, Al-A. F., El-Haidari, H. S., Al-Saud, H. M. and Aziz, F. M. (1983a). Effect of reduced atmospheric pressure with different temperatures on *Ephestia Cautellia Walker* (Lepidoptera, Pyralidae), **A Pest of Stored Dates in Iraq. Date Palm Journal**. V: 2 (2). P: 223-233.
- 6- Azawi, Al-A. F., El-Haidari, H. S., Aziz, F. M. and Murad, A. K. (1983b). Effect of high temperatures on Fig Moth, *Ephestia Cautella, Walker* (Lepidoptera, Pyralidae). **Date Palm Journal**. V: 2 (1). P: 79-85.
- 7- Donahaye, E., Navvaro, S., Rindner, M. and Azrieli, A. (1998). Quality preservation of stored dry fruit by carbon dioxide enriched atmospheres. Proc. **Annual Int. Res. Conf. Methyl Bromide Alternatives and Emission Reductions**. 7-9 December, Orlando Florida. P: 89-1-89-3.
- 8- Dubois, P. and Joyce, D. (2005). Drying cut flowers and foliage. **Department of Agriculture Western Australia**.
- 9- Ekechukwu, O. V. and Norton. B. (1999). Review of solar energy drying system II: An overview of solar drying technology. **Energy Conversion & Management**. V: 40. P: 615-655.
- 10- Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E. and Attia, H. (2008). Date flesh: Chemical composition and characteristics of the dietary fibre. **Food Chemistry**. V: 111. P: 676-682.
- 11- Henning, M. (2004). Solar assisted air conditioning of buildings. **An overview., Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems Ise**.
- 12- Maria A., Garcia, M. A., Pinotti, A., Martino, M. N. and Zaritzky, N. E. (2004). Characterization of composite hydrocolloid films. **Carbohydrate Polymers**. V: 56. P: 339-345.
- 13- Navarro, S., Donahaye, J. E. Rindner, M. And A. Azrieli, A. (2001). Storage of dates under carbon dioxide atmosphere for quality preservation. **Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products**, Fresno, CA. 29 Oct. - 3 Nov. 2000, Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A. P: 231-239.
- 14- Parsons, K. B., Pesaran, A. A., Bharathan, D. and Shelpuk, B. (1987). Evaluation of thermally activated heat pump/desiccant air conditioning system and components. **Solar Energy Research Institute**.
- 15- Rygg, G. L. (1957). The relation of moisture content to rate of darkening in Deglet Noor dates. **Date Growers' Institute**. V: 34.P: 13-14.
- 16- Rygg, G. L. (1975). Date development, handling and packing in the United States. **Agricultural Handbook** No. 482, Agr. Research Service, U.S. Dept. of Agriculture.
- 17- Sabatelli, V., Fiorenza, G. and Marano, D. (2007). Technical status report on solar desalination and solar cooling. **A technical report of the EU-project "NEGST (New Generation of Thermal Solar Systems)"** WP5.D1. 15.01.09.
- 18- Shanmugama, V. and Natarajan, E. (2006). Experimental investigation of forced convection and desiccant integrated solar dryer. **Renewable Energy**. V: 31. P: 1239-1251.
- 19- Suk, M. K., Philomena, G. G. and Paul, O. M. (1980). Energy-efficient regenerative liquid desiccant drying process. **United States Patent**, No: 4189848.

## THE EFFECT OF TEMPERATURE AND MOISTURE TREATMENT ON COLOR QUALITY OF ESTAMERAN DATE DURING THREE MONTH STORAGE

Majid Rahnama\*<sup>1</sup>, Mohammad Hadi Khoshtaghaza<sup>2</sup>, Kamal Abaspure sani<sup>3</sup>, Barat Ghobadian<sup>2</sup>, Movahed Sepahvand<sup>4</sup>

1-Department of Agriculture engineering, Ramin Agriculture and natural resources university, Khuzestan-rahnamam2002@yahoo.com.

2-Department of mechanical machinery, Tarbiat Modares University, Tehran.

3- Department of energy, Materials and Energy Research Center, Karaj

4- Postgraduate of Agriculture engineering, Ramin Agriculture and natural resources university, Khuzestan

### Abstract

Adjusting the moisture content of date at high temperature or in long time results in undesirable quality of this product. Therefore, the date product should be dried fast and at the low temperatures. For humid regions, a moisture absorbing system can be used to reduce drying time at the low temperature for this purpose. So, the objective of this research is to maintain the palm color quality of date during the storage time and its disinfection by heat treatment instead of methyl bromide considering environmental challenges. Solar dryer serves as a useful means to apply heat treatment as well as moisture adjustment. For this purpose, a solar dryer combined with desiccant wheel was designed and fabricated in this research. The equilibrium moisture content of Estamaran date was obtained to be 14, 16 and 18% (d.b.) at the temperature levels of 40, 50, 60, 70°C using the concerned dryer. The effects of applied treatments on the palm color quality of samples were investigated during the 3-month period of storage. Results showed that for one month storage the heat treatment of 70°C and moisture content of 16% can be used. Moreover, the optimum temperature for the moisture adjustment of Estamaran date is suggested to be in the ranges of 50 to 60°C.

**Keywords:** Solar Dryer ,Desiccant wheel, moisture reduction, palm.

\*- PHD thesis - Mohamad hadi Khoshtaghaza - Tarbiat Modares University