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

مجید رهنما[۱*]، محمد هادی خوش‌تقاضا[۲]، کمال عباسپور ثانی[۳]، برات قبادیان[۲]، موحد سپهوند [۴]

[۱] عضو هیات علمی (استادیار) دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین

[۲] دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

[۳] استادیار بخش انرژی، پژوهشگاه مواد و انرژی، کرج.

[۴] دانش‌آموخته 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

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 می‌شود. بنابراین لازم است محصول خرما سریع و با دمای پایین خشک شود. در مناطق مرطوب، می‌توان با استفاده از سیستم جاذب رطوبت، در زمان کوتاه‌تری 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 می‌باشد که به سبب مسایل زیست محیطی باید روشی مناسب جایگزین آن شود. از این رو به منظور انجام تحقیق حاضر، خشک‌کن 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 می‌توان از تیمار دمایی ۷۰°C و رطوبت بالای ۱۶٪ استفاده نمود.

واژگان کلیدی: خشک‌کن 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، می‌توان با تنظیم رطوبت، کیفیت محصول را حفظ و در موقع مناسب به بازار عرضه کرد. همچنین خرما میوه‌ای است که نمی‌توان آن را در فرایند خشک کردن، مدت زمانی طولانی، در معرض حرارت با دمای بالا قرار داد زیرا رنگ آن تیره می‌شود و فعالیت بعضی از آنزیم‌ها که در بهبود بافت و ظاهر خرما موثر هستند کاهش می‌یابد (Azawi *et al.*, 1983a,b, Rygg, 1975). بنابراین لازم است خرما سریع خشک شود. برای کاهش مدت زمان خشک شدن می‌توان 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 ضدعفونی 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 بااستفاده از خشک‌کن خورشیدی مجهز به سیستم کنترل رطوبت یکی از این روش‌ها است.

رنگ خرما از شاخص‌های مهم کیفیت در انبارمانی می‌باشد. زیرا تیره شدن خرما ناشی از تغییر شیمیایی میوه است که در نهایت منجر به ترش شدن خرما شده و یکی از شاخص‌های تازه‌گی میوه است (Andre and Zaid, 2002).خرما با توجه به این که در چه مرحله‌ای از رشد قرار دارد دارای رنگ متفاوتی می‌باشد. رنگ خرماهای خشک روشن‌تر از خرماهای نیمه‌خشک و تر می‌باشد 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 تیره‌گی می‌گراید. تیره شدن رنگ خرماها از رنگ قهوه‌ای روشن به تیره در زمان برداشت به صورت قهوه‌ای شدن آنزیمی اکسیداتیو (پلی‌فنلاز)[۱]، قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی

۱Enzymatic oxidative browning (polyphenolase)

اکسیداتیو (بدلیل وجود تانن‌ها[1] با ترکیبات پیچیده) و قهوه‌ای شدن غیر اکسیداسیونی[2] (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 5^oC، سه ماه در دمای 15^oC و یک ماه در دمای 27^oC 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 نشام 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_2 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 18^oC- 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 60^oC تا 80^oC معرفی کردند. اگر دما از 60^oC بیشتر شود، برخی از آنزیمها که در قهوه‌ای شدن رنگ گیاه تأثیر دارند، غیر فعال یا کم فعال می‌شوند و دمای بالاتر از 80^oC باعث سوختن محصول می‌شود. همچنین اعلام داشتند که بهتر است برای خشک‌کردن مناسب، رطوبت هوای ورودی کنترل شده باشد و تهویه مناسبی صورت گیرد تا عمل خشک شدن تسریع شود و برای تهویه بهتر مواد رطوبت گیر[3] و یا مواد جاذب رطوبت[4] 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 90^oC (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 گلیسیرین 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[5] و نهان[6] 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). متاسفانه 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.

۱Tannin

۲ - Polyphenol Oxidase

۳ - Dehumidifiers

۴ - Desiccant

۵- Sensible

۶- Latent

مواد و روش‌ها

در ابتدا برای طراحی و ساخت دستگاه نیاز به منحنی‌های همدمای تعادلی خرما بود. بعد از بدست آوردن این منحنی‌ها خشک‌کن خورشیدی با سیستم کنترل رطوبت در دانشگاه تربیت مدرس طراحی و ساخته شد. با توجه به اینکه نور مستقیم روی رنگ محصول تاثیر می‌گذارد و رطوبت نیز باید کنترل می‌شد خشک‌کن از نوع خورشیدی غیرمستقیم و فعال ساخته شد (Ekechukwu and Norton, 1999). برای این خشک‌کن سیستم کنترل رطوبت از نوع جاذب جامد برای کاهش رطوبت هوای ورودی به محفظه خشک‌کن 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 شرکت‌های فعال در بخش فرآوری و صادرات خرمای تجاری استعمران در شهرهای اهواز، خرم‌شهر، آبادان و شادگان، و تحقیق درباره رطوبت مناسب خرما برای انبارمانی و صادرات، محدوده مناسب رطوبت برای خرمای تجاری استعمران ۱۳ تا ۱۹٪ بر پایه خشک (d.b.) تعیین گردید. بنابراین آزمایش‌های 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 آزمایش‌های مربوط به تعیین خواص کیفی و کمی خرمای استعمران 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			
		۱	۲	۳	۴
۱	دما(^oC)	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
۲	رطوبت نهایی ($\%d.b.$)	۱۵-۱۳	۱۷-۱۵	۱۹-۱۷	

نحوه تهیه و انبارداری نمونه‌ها

وزن نمونه‌ها 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 اندازه‌گیری گردید. با توجه به اینکه در زمان خشک‌کردن محصول (زمان لازم برای تعیین رطوبت خرما، ۳ روز با آون خلاء در دمای ۷۰^{o}C می‌باشد) امکان تعیین رطوبت خرما در طول فرایند وجود نداشت، از رابطه (۱) برای تعیین وزن نهایی نمونه (W_f) و از رابطه (۲) نیز برای تعیین رطوبت لحظه‌ای (M) نمونه‌ها استفاده شد (Shanmugama and Natarajan, 2006).

$$W_f = \frac{(1+M_{fd.b.})W_i}{(1+M_{id.b.})} \qquad (۱)$$

$$M = \frac{W}{W_i}(1 + M_{id.b.}) - 1 \qquad (۲)$$

در روابط فوق W، W_i، $M_{i\ d.b.}$ و $M_{fd.b.}$ 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.) می‌باشد. در هر آزمایش سه عدد خرما برای مشخص کردن روند کاهش وزن نمونه‌ها، در ساعت اول هر ۲۰ دقیقه، و در ساعت‌های بعدی هر ۳۰ دقیقه توزین شد و بعد از رسیدن به رطوبت مورد نظر، با آون خشک و رطوبت واقعی آنها تعیین گردید.

برای سطح رطوبتی ۱۳-۱۵٪ نمونه‌ها بوسیله خشک‌کن و با استفاده از سیستم جاذب رطوبت، تا رطوبت ۱۴٪ خشک شدند و برای سطح رطوبتی ۱۷-۱۹٪ با استفاده از رطوبت ساز، رطوبت نمونه‌ها به ۱۸٪ رسانده شد. برای سطح رطوبتی ۱۵-۱۷٪ با توجه به اینکه رطوبت اولیه خرما ۰/۲۸± ۱۵/۷۸٪ بود، نیازی به کاهش یا افزایش رطوبت نمونه‌ها نبود و در نتیجه فقط تیمار حرارتی مربوط به ضدعفونی 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 نمونه‌ها در زمان اعمال تیمار، با استفاده از منحنی همدمای تعادلی به دست آمده برای خرمای استعمران، در دماهای ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰^{o}C رطوبت نسبی داخل محفظه خشک‌کن 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

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 انبارمانی 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 انبارمانی نگهداری شد.

رنگ نمونه‌ها به وسیله دستگاه هانتر لب[۱] (مدل Hunter Lab – Color Flex 45/0 – Roston - USA ساخت آمریکا) اندازه‌گیری گردید. این دستگاه سه مقدار L، a و b را نشان می‌دهد. مقدار L بیانگر روشنایی نمونه[۲] که از صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید)، a و b بیانگر رنگی بودن نمونه[۳] که 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 معمولا از پارامترهای روشنایی L، اختلاف کلی رنگ (ΔE)، رنگی بودن[۴] (C) و درجه رنگ[۵] (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 انبارمانی مورد بررسی قرار گرفت. اگر اثر متقابل زمان× TM در سطح ۵٪ معنی‌دار بود، اثر تک‌تک تیمارها در زمان‌های مختلف انبارمانی به طور مجزا مورد بررسی و در صورت معنی‌دار نبودن اثر متقابل زمان×TM، اثر کلی تیمارها بصورت فاکتوریل سه گانهٔ 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 زمانانبارمانی بر مقدارزنگ (L، C،*ΔE*و H)در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر تیمار دما-رطوبت (TM) نسبت به زمان انبارمانی بر رنگ خرمای استعمران

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

منابع تغییرات	درجه‌آزادی (df)	رنگL	رنگΔE	رنگC	رنگH
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 معنی‌داری می‌باشد

طبق جدول (۲) اثر متقابل زمان× TM در سطح ۱٪ برای پارامتر رنگ (L، C، *ΔE* و H) معنی‌دار 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 زنگ تجزیه و تحلیل می‌شود.

مولفه L رنگ

با توجه به جدول (۳) اثر دما × رطوبت روی مولفه L در تمام ماه‌ها معنی‌دار نیست. همچنین در ماه اول هیچ یک از تیمارهای دما و رطوبت بر مقدار L اثر معنی‌دار نداشته است. همچنین بین میوه تازه، شاهد و بقیه تیمارها نیز تفاوت معنی‌دار نبود و همه در یک گروه قرار داشتند. در ماه‌های دوم و سوم اثر دما و رطوبت در سطح ۵٪ معنی‌دار 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 معنی‌دار بود (جدول ۲)، لازم است که مشخصه رنگ مذکور از نظر زمان انبارمانی 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.

۱ - Hanterlab

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	ΔE
ماه اول	دما	۳	۲/۴۱۳^{ns}	۱۰/۷۵*	۶/۴۳۸^{ns}	۵/۹۰۵*
	رطوبت	۲	۱/۳۲۵۵^{ns}	۰/۴۷۵^{ns}	۶/۱۲۷^{ns}	۲/۲۰۳^{ns}
	دما × رطوبت	۶	۹/۴۱۶^{ns}	۴/۲۷۸^{ns}	۳/۴۱۲^{ns}	۳/۹۶۲^{ns}
	خطا	۲۴	۱/۸۷	۳/۱	۲/۲۳	۱/۶۸۶
	میوه تازه Vsترکیب دما و رطوبت	۱	۹/۴۴^{ns}	۴/۱۶^{ns}	۱/۶۸^{ns}	۳/۸۲^{ns}
	شاهد Vsترکیب دما و رطوبت	۱	۱۶/۰۴^{ns}	۱/۴۹^{ns}	۲/۱^{ns}	۴/۳۷*
ماه دوم	دما	۳	۲۹/۲۷**	۱۹/۰۴**	۱۶/۳۰*	۸/۹۱۸*
	رطوبت	۲	۲۶/۵۳**	۱۵/۳۹**	۰/۵۳^{ns}	۱/۶۱۹^{ns}
	دما × رطوبت	۶	۲/۱۹^{ns}	۳/۴۵^{ns}	۳/۸۹^{ns}	۱/۴۹۴^{ns}
	خطا	۲۴	۱/۲۰	۲/۵۱	۳/۸۸	۱/۳۹۹
	میوه تازه Vsترکیب دما و رطوبت	۱	۷۴/۸۹**	۲۹/۵۶**	۹/۵۰^{ns}	۲۰/۴**
	شاهد Vsترکیب دما و رطوبت	۱	۰/۳۱۴^{ns}	۱۷/۸۷**	۶/۶۲^{ns}	۶/۳۰*
ماه سوم	دما	۳	۶/۵۸*	۲۶/۱۵*	۳۰/۷۴**	۵/۸۰۶**
	رطوبت	۲	۳۱/۶۷**	۴۷/۲۲**	۱۷/۶۱**	۳/۹۴*
	دما × رطوبت	۶	۲/۸۳۴^{ns}	۱۵/۱۱^{ns}	۶/۹۱*	۱/۵۵۵^{ns}
	خطا	۲۴	۲/۱۸۳	۶/۵۸	۲/۴۵	۰/۹۷
	میوه تازه Vsترکیب دما و رطوبت	۱	۲۰۷/۹۳**	۵۰/۷۹**	۱۳/۱۶*	۲۱/۱۲**
	شاهد Vsترکیب دما و رطوبت	۱	۱۸/۰۴**	۴۴/۵۹**	۱۰/۹۶*	۸/۰۲**

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

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

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

نوع تیمار		L		
دما (°C)	رطوبت تعادلی (٪)	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم
۴۰	۱۴	۳۱/۶۱^{AB}	۲۹/۳۷^{B}	۲۴/۶۸^{C}
	۱۶	۲۷/۹۲^{AB}	۲۸/۰۶^{B}	۲۵/۱۷^{C}
	۱۸	۳۰/۶۴^{A}	۲۷/۵۵^{C}	۲۴/۴۸^{C}
۵۰	۱۴	۲۹/۵۱^{AB}	۲۹/۱۶^{B}	۲۴/۲۱^{C}
	۱۶	۳۱/۱۶^{AB}	۲۹/۷۰^{B}	۲۶/۲۵^{C}
	۱۸	۲۸/۷۴^{AB}	۲۷/۷۵^{B}	۲۲/۸۹^{C}
۶۰	۱۴	۲۹/۷۱^{AB}	۲۸/۷۱^{B}	۲۳/۹۳^{C}
	۱۶	۳۳/۲۹^{A}	۲۶/۹۱^{C}	۲۵/۶۷^{C}
	۱۸	۳۰/۰۲^{A}	۲۴/۶۶^{C}	۲۳/۷۸^{C}
۷۰	۱۴	۳۱/۱۵^{A}	۲۷/۰۱^{C}	۲۴/۵۱^{C}
	۱۶	۲۹/۴۶^{A}	۲۴/۹۵^{C}	۲۲/۶۶^{D}
	۱۸	۳۰/۱۸^{A}	۲۲/۴۷^{D}	۲۰/۳۲^{D}
	شاهد	۳۲/۹۴^{A}	۲۷/۵۱^{BC}	۲۶/۲۶^{C}
	میوه تازه		۳۲/۳۷^{A}	

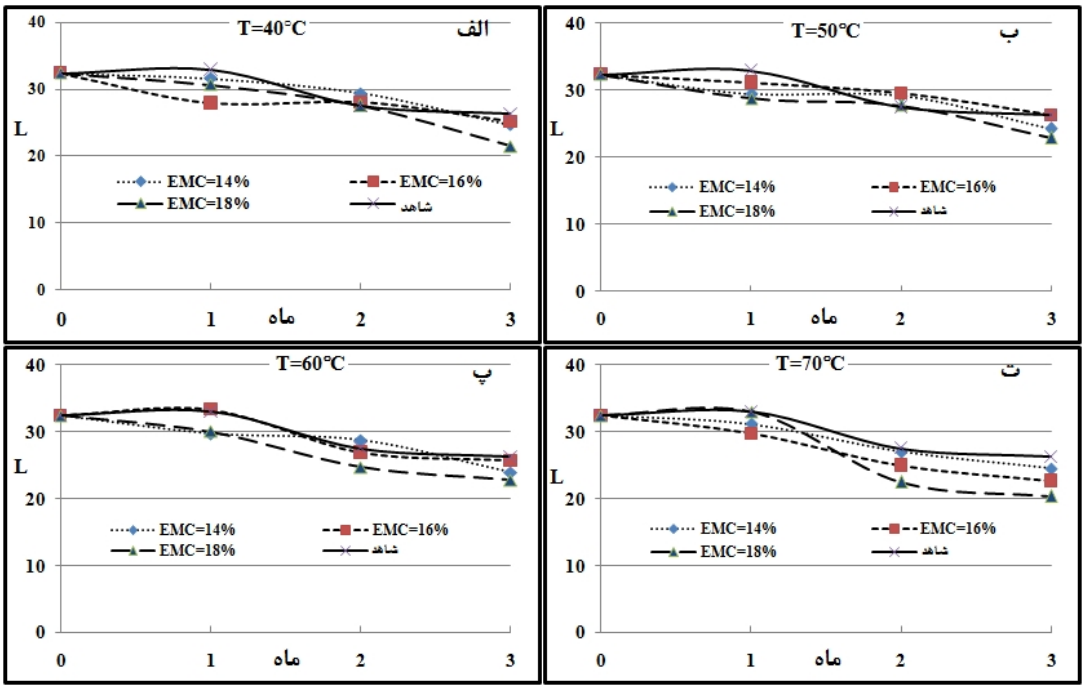
حروف هم نام به معنی عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است

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

اعمال تیمار حرارتی ۷۰°C باعث کاهش معنی‌دار Lدر ماه دوم و سوم انبارمانی نسبت به ماه اول شده است و همچنین اعمال تیمار رطوبتی ۱۶ و ۱۸٪ در اثر دمای۶۰°C بعد از دو ماه انبارمانی باعث کاهش معنی‌دار L نسبت به ماه قبل و در نتیجه تیره‌تر شدن خرما شده است. همچنین مقدارL در ماه اول

باشاهد و میوه تازه تفاوت ندارد و این مطلب نشان می‌دهد که در همه تیمارهای دما و رطوبت گذشت یک ماه تاثیری 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) 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 و ۵۰°C (شکل الف و ب) از ماه دوم به ماه سوم تغییرات L زیادتر است (شیب تندتر) ولی برای دماهای ۶۰ 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 مقدارL) درزمان کوتاه‌تری می‌شود. بنابراین برای دمای ۶۰ 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، ۱۶و 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.



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

مولفهC رنگ

با توجه به اینکه مولفهC رنگ نسبت به اثر متقابل زمان×TM 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 و ۷۰°C باعث کاهش معنی‌دار مقدارC 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 مقدارC در ماه سوم نسبت به ماه دوم داشته است. همچنین اعمال تیمارهای رطوبتی ۱۶ و ۱۸٪ با دمای ۵۰°C باعث کاهش معنی‌دار مقدارC از ماه سوم به بعد نسبت به ماه اول شده است. اعمال تیمارهای رطوبتی ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ بادمای ۴۰°C تاثیر معنی‌داری روی مقدار C بعد از سه ماه انبارمانی ندارد. مقدار C محصول تازه

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 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.

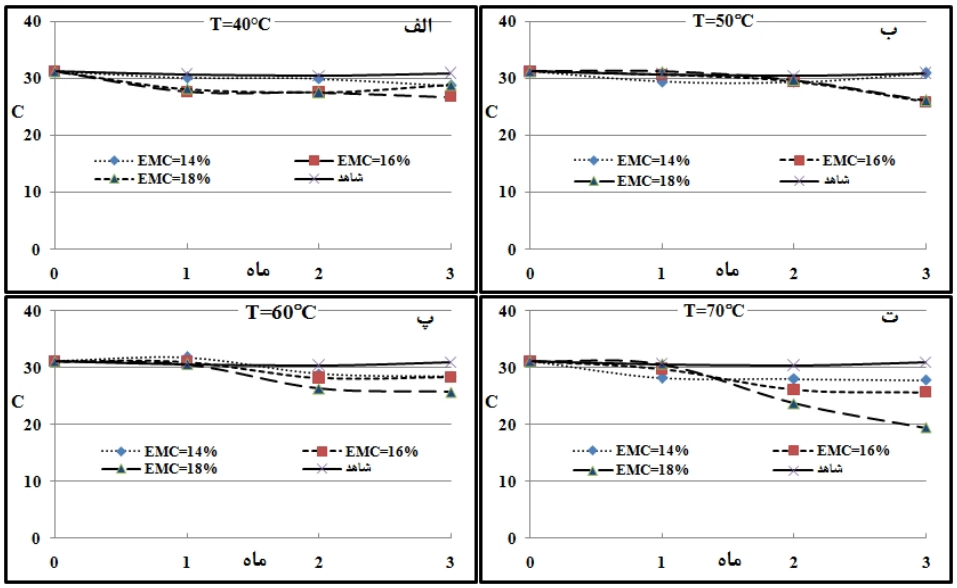
جدول ۵: تجزیه مرکب C نسبت به ماه‌های مختلف برای تمام دماها و رطوبت‌ها
Table 5- C compound analysis in different months for different temperatures and moistures

نوع تیمار		C		
دما (°C)	رطوبت تعادلی (٪)	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم
۴۰	۱۴	۳۰/۰۷^{A}	۲۹/۹۴^{A}	۲۸/۶۹^{A}
	۱۶	۲۷/۶۲^{A}	۲۷/۴۸^{A}	۲۶/۷۵^{A}
	۱۸	۲۸/۱۴^{A}	۲۷/۵۱^{A}	۲۸/۸۲^{A}
۵۰	۱۴	۲۹/۴۱^{A}	۲۹/۳۳^{A}	۳۰/۸۶^{A}
	۱۶	۳۰/۵۸^{A}	۲۹/۳۸^{A}	۲۵/۷۶^{B}
	۱۸	۳۱/۲۱^{A}	۲۹/۶۸^{AB}	۲۶/۰۸^{B}
۶۰	۱۴	۳۱/۸۱^{A}	۲۸/۹۲^{A}	۲۸/۴۶^{A}
	۱۶	۳۱/۰۵^{A}	۲۸/۲۲^{A}	۲۸/۳۰^{B}
	۱۸	۳۰/۶۰^{A}	۲۶/۳۰^{B}	۲۵/۷۳^{B}
۷۰	۱۴	۲۸/۲۱^{A}	۲۸/۰۶^{A}	۲۷/۸۷^{A}
	۱۶	۲۹/۸۲^{A}	۲۶/۱۳^{B}	۲۵/۷^{B}
	۱۸	۳۰/۶۶^{A}	۲۳/۷۳^{B}	۱۹/۴۷^{C}
شاهد		۳۰/۸۹^{A}	۳۰/۴۳^{A}	۳۰/۸۹^{A}
میوه تازه			۳۱/۱۶^{A}	

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

مولفهH رنگ

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل زمان×TM روی مولفه H رنگ (جدول ۲)، از نظر زمان انبارمانی نیز نسبت به ترکیب تک 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 اثر گذشت زمان شده است و همین حالت برای دمای ۷۰°C با رطوبت ۱۶٪ بعداز گذشت دو ماه اتفاق افتاده است. درحالی 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.



شکل ۳: روند تغییرات مقدار C رنگ نمونه‌ها نسبت به ماه‌های انبارمانی 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

جدول ۶: مقایسه میانگین تجزیه مرکب H نسبت به ماه‌های مختلف انبارمانی 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)	نوع تیمار: رطوبت تعادلی (d.b.٪)	زمان انبارمانی: ماه اول	ماه دوم	ماه سوم
۴۰	۱۴	۶۱/۶۸^{A}	۶۲/۳۳^{A}	۶۳/۲۱^{A}
	۱۶	۶۰/۰۷^{A}	۵۹/۸۱^{A}	۶۰/۶۷^{A}
	۱۸	۶۱/۶۴^{A}	۶۱/۹۱^{A}	۶۱/۴۷^{A}
۵۰	۱۴	۶۱/۳۵^{A}	۶۱/۵۷^{A}	۶۳/۱^{A}
	۱۶	۶۳/۲۰^{A}	۶۳/۲۱^{A}	۶۱/۴۱^{A}
	۱۸	۶۲/۸۰^{A}	۶۲/۶۸^{A}	۶۰/۶۳^{A}
۶۰	۱۴	۶۲/۵۰^{A}	۶۰/۴۱^{A}	۶۱/۲۹^{A}
	۱۶	۶۳/۰۲^{A}	۶۱/۴۳^{A}	۶۰/۵۷^{A}
	۱۸	۶۳/۱۸^{A}	۵۹/۴۴^{A}	۶۰/۸۹^{A}
۷۰	۱۴	۵۹/۲۶^{A}	۶۰/۲۱^{A}	۵۹/۴۱^{A}
	۱۶	۶۲/۵۶^{A}	۵۸/۸۸^{B}	۵۹/۸۳^{B}
	۱۸	۶۴/۱۶^{A}	۵۸/۸۸^{B}	۵۴/۳۳^{C}
	شاهد	۶۲/۸۴^{A}	۶۲/۴۴^{A}	۶۲/۵۶^{AB}
	میوه تازه		۶۲/۷۵^{AB}	

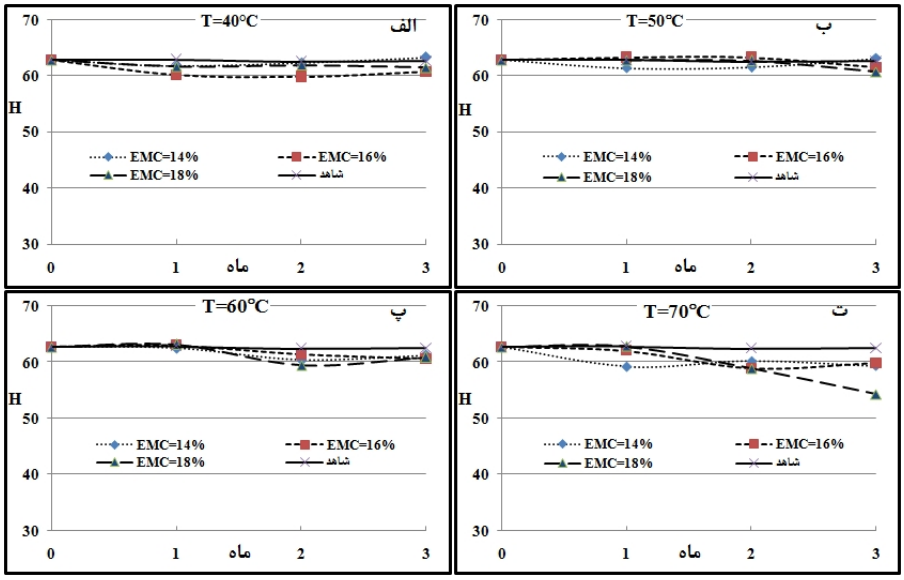
حروف هم نام به معنی عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است

شکل (۴)تغییرات مقدار H رنگ نمونه‌ها را نسبت به ماه‌های انبارمانی 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 طور کلی می‌توان گفت اعمال تیمارهای حرارتی و رطوبتی بجز رطوبت ۱۶٪ و ۱۸٪ در اثر دمای ۷۰°C، تاثیری روی مقدار H در انبارمانی 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 خشک‌کردن خرما و کاهش دادن رطوبت آن به زیر ۱۶٪، می‌توان از دمای ۷۰°C نیز استفاده نمود.

مولفه ΔE رنگ

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل زمان×TM روی مولفه ΔE رنگ (جدول ۲)، نتایج حاصل از تجزیه مرکب از نظر زمان انبارمانی در جدول (۷) آورده شده است. با توجه به جدول (۷) مقدار تغییر کلی رنگ (ΔE) در دمای ۴۰°C و تمام تیمارهای رطوبتی، در مدت زمان سه ماه انبارمانی معنی‌دار نیست. به عبارت دیگر تا ماه سوم انبارمانی در دمای ۴۰°C هیچ کدام از تیمارهای رطوبتی ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ با گذشت زمان تغییر معنی‌داری روی ΔE نداشته‌اند. برای دمای ۶۰ و ۷۰°C تفاوت معنی‌داری در مقدار ΔE 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 ΔE محصول تازه چیده شده اختلاف معنی‌دار بود که نشان می‌دهد تغییر مقدار ΔE برای دماهای پایین‌تر کندتر صورت می‌گیرد. مقدار ΔE 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 ΔE تاثیری ندارند. به طور کلی می‌توان گفت که با اعمال تیمار

دمایی ۴۰°C می‌توان محصول را تا سه ماه، دمای ۵۰°C به مدت دو ماه و یا با رطوبت پایین‌تر از ۱۶٪ در همه دماها به مدت سه ماه بدون تغییر مقدار ΔE نگهداری نمود.



شکل ۴: روند تغییر مقدار H رنگ نمونه‌ها نسبت به ماه‌های انبارمانی در دماها و رطوبت‌های مختلف

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

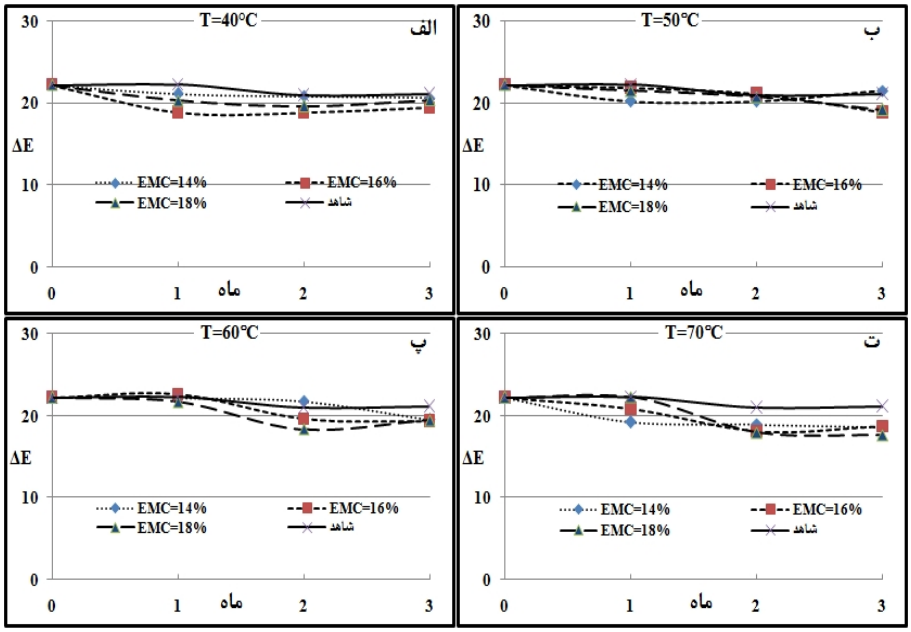
جدول ۷: مقایسه میانگین تجزیه مرکب ΔE با استفاده از دانکن نسبت به ماه‌های مختلف در دماها و رطوبت‌های مورد آزمایش

Table 7- Mean comparisons of ΔE compound analysis in different store stay months for different temperatures and moistures

نوع تیمار		ΔE		
دما (°C)	رطوبت تعادلی (٪)	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم
۴۰	۱۴	۲۱/۱۳^{A}	۲۰/۸۵^{A}	۲۰/۵۸^{A}
	۱۶	۱۸/۸۶^{A}	۱۸/۸۰^{A}	۱۹/۳۸^{A}
	۱۸	۲۰/۲۵^{A}	۱۹/۶۱^{A}	۲۰/۳۳^{A}
۵۰	۱۴	۲۰/۱۸^{A}	۲۰/۲۳^{A}	۲۱/۴۹^{A}
	۱۶	۲۱/۸۵^{A}	۲۱/۱^{A}	۱۸/۸۷^{B}
	۱۸	۲۱/۵۱^{A}	۲۰/۷۱^{AB}	۱۹/۱۳^{B}
۶۰	۱۴	۲۱/۷۷^{A}	۱۹/۴۷^{A}	۱۹/۷۲^{A}
	۱۶	۲۲/۶۱^{A}	۱۹/۶۰^{B}	۱۹/۳۲^{B}
	۱۸	۲۱/۶۸^{A}	۱۸/۳۲^{B}	۱۹/۴۴^{B}
۷۰	۱۴	۱۹/۲۱^{A}	۱۸/۹۴^{A}	۱۸/۵۶^{A}
	۱۶	۲۰/۵۲^{A}	۱۸/۰۸^{B}	۱۸/۶۷^{B}
	۱۸	۲۲/۲۷^{A}	۱۷/۹۵^{B}	۱۷/۶۰^{B}
شاهد		۲۲/۲۷^{A}	۱۸/۹۸^{A}	۲۱/۱۳^{A}
میوه تازه			۲۲/۱۹^{A}	

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

شکل (۵) تغییرات مولفه ΔE رنگ محصول نسبت به ماه‌های انبارمانی در رطوبت‌ها و دماهای مختلف مورد آزمایش را نشان می‌دهد. نمودارهای «الف»، «ب»، «پ» و «ت» به ترتیب برای دماهای ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰°C می‌باشد. همانطور که در شکل دیده می‌شود برای دمای ۴۰°C، (نمودار «الف») نمودارها با گذشت زمان تغییر مشخصی ندارند و برای دمای ۵۰°C (نمودار «ب»)، نمودار مربوط به رطوبت‌های ۱۶ و ۱۸٪ از ماه دوم به ماه سوم کاهش مشخصی دارند. این روند برای دماهای ۶۰ و ۷۰°C (نمودارهای «پ» و «ت») از ماه اول به ماه دوم مشاهده می‌شود. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در انبارمانی بیش از یک ماه، از لحاظ تغییر مقدار ΔE رنگ محصول، رساندن خرما به رطوبتهای ۱۶٪ و بالاتر بهتر است از دمای ۵۰°C و کمتر استفاده نمود ولی برای رساندن رطوبت محصول به ۱۴٪ و کمتر از آن می‌توان از دمای ۶۰ و ۷۰°C نیز استفاده کرد.



شکل ۵: روند تغییرات مولفه ΔE رنگ محصول نسبت به ماه‌های انبارمانی در رطوبت‌ها و دماهای مختلف
Fig. 5 ΔE 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 انبارمانی در تمام تیمارها کاهش معنی‌داری در سطح ۵٪ داشته است. تیمار دمایی ۷۰°C باعث کاهش مقدار Lدر طول سه ماه انبارمانی و در نتیجه تیره شدن خرما شد. برای انبارمانی بیش از یک ماه، اعمال تیمار رطوبتی ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ به خرما با دمای 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.

هر دو تیمار دما و رطوبت تاثیر معنی‌داری بر کاهش مقدار C رنگ بعد از گذشتن سه ماه انبارمانی داشتند که تیمار دمای ۷۰°C و تیمار رطوبتی ۱۸٪ بیشترین کاهشرا در C بوجود آوردند. بنابراین بهتر است برای حفظ رنگ خرما 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 ۷۰ °C استفاده شود.

اعمال تیمارهای حرارتی و رطوبتی بجز اعمال رطوبت ۱۶٪ و ۱۸٪ در اثر دمای ۷۰°C، تاثیر روی مقدار H رنگ در انبارمانی سه ماهه نداشته است و می‌توان نتیجه گرفت که فقط دمای 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 دمای پایین‌تری برای این منظور استفاده نمود. ولی برای خشک‌کردن خرما و کاهش دادن رطوبت آن به زیر ۱۶٪، می‌توان از دمای ۷۰°C نیز استفاده نمود.

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

منابع

۱- پژمان، ح. (۱۳۸۳). **فصلنامه کارون سبز**. شماره ۸. ص ۶.

۲- رهنما، م.، خوش‌تقاضا، م. ه.، قبادیان، ب. و احمدی‌زاده، 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 EFFECTOF TEMPRATURE AND MOISTURE TREATMENT ON COLOR QUALITY OF ESTAMERAN DATE DURING THREE MONTH STORAGE

Majid Rahnama*[1], Mohammad Hadi Khoshtaghaza[2], Kamal Abaspure sani[3], Barat Ghobadian[2], Movahed Sepahvand[4]

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 reduse drying time at the low temperature for this purpose. So, the objective of this research is to maintain the palm color qualitaty 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^{o}C using the concerned dryer. The effects of applied treatments on the palm color qualitaty of samples were investigated during the 3-month period of storage. Results showed that for one month storage the heat treatment of 70^{o}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^{o}C.

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

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