

بررسی اثر نانو ژئولیت پتاسیم پرمنگنات و زمان نگهداری بر خواص فیزیکوشیمیایی میوه کیوی (رقم هیوارد)

حسین میرزایی مقدم^۱ - محمدهادی خوش تقاضا^{۲*} - محسن برزگر بفروئی^۳ - علی سلیمی^۴

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۲۸

چکیده

در این تحقیق میوه‌های کیوی از رقم هیوارد در دو محدوده جرمی (کوچک و بزرگ) تهیه شدند. پس از آن، میوه‌ها را در شیشه‌های یک لیتری در مجاورت بالشتک‌های پلی اتیلنی حاوی نانوژئولیت پتاسیم پرمنگنات (۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۸ گرم) قرار داده و در ژرمیناتور (دمای ۵°C و رطوبت نسبی ۳۰٪) نگهداری شدند. سپس در زمان‌های ۰، ۲، ۴ و ۶ هفته نگهداری، خواص فیزیکوشیمیایی مختلف نمونه‌ها (میزان مواد جامد محلول، میزان pH، درصد رطوبت و سفتی میوه‌ها) و رنگ نانوژئولیت پتاسیم پرمنگنات (L، ΔE، زاویه هیو و کروما) اندازه‌گیری شد. در ادامه با انجام آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، تجزیه و تحلیل اطلاعات صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که اثر نانوژئولیت پتاسیم پرمنگنات به جز بر درصد رطوبت بر دیگر خواص اندازه‌گیری شده معنی‌دار می‌باشد (P<0.01). همچنین نتایج نشان داد که نانوژئولیت پتاسیم پرمنگنات انبارمانی میوه‌ها را افزایش داد. به طوری که پس از ۶ هفته نگهداری، برای نمونه‌های دارای نانو ژئولیت در مقایسه با نمونه‌های فاقد نانوژئولیت، به ترتیب، میزان pH ۳/۷۱ و ۳/۵۸، سفتی ۰/۸۴ و ۵/۷ N و میزان مواد جامد محلول ۱۴/۷۸ و ۱۵/۳۶ Brix اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از آزمون همبستگی بین متغیرها نشان داد که بین میزان سفتی میوه‌های کیوی (شاخص رسیدگی) و ویژگی‌های رنگ نانوژئولیت پتاسیم پرمنگنات (عامل هوشمند) ارتباط معنی‌دار وجود دارد و مناسب‌ترین ضریب همبستگی (۰/۸۳) و برازش منحنی (R²=۰/۹۸) بین میزان سفتی میوه‌ها و اختلاف رنگ کل (ΔE) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: انبارداری، پلی اتیلن، رنگ، سفتی، مواد جامد محلول، pH

مقدمه

می‌باشد (Anonymous, 2009). سطح زیر کشت این محصول ۹۵۶۴ هکتار، میزان تولید ۲۲۱۷۴۵/۸ ton و عملکرد آن ۲۷۳۴۰/۲ kg ha⁻¹ گزارش شده است (Anonymous, 2008). به دلیل وجود بازارهای جهانی خرید برای کیوی، این محصول از نظر اقتصادی به خوبی می‌تواند با میوه‌هایی مانند مرکبات رقابت کند. تمایل به تولید میوه کیوی تا جایی است که باغداران و کشاورزان در برخی از نقاط کشور، شالیزارها و باغات مرکبات را به مرور زمان تبدیل به باغ میوه کیوی کرده‌اند (Anonymous, 2009).

طبق اظهارات صادرکنندگان میوه کیوی در ایران، این میوه به دلیل ضعف در بسته‌بندی، درجه‌بندی، عدم بهره‌گیری از فرآورده‌های جانبی و نبود امکانات در این زمینه، به صورت فله‌ای و با قیمت نازل به کشوری مثل ترکیه صادر شده و این کشور در مقایسه با ایران با توجه به صنایع تبدیلی و بسته‌بندی قوی و رعایت اصول بازاریابی، سود فراوانی از فروش میوه کیوی ایران در بازارهای اروپا

میوه کیوی گیاه بومی کشور چین می‌باشد که به نام‌های متداول کیوی فروت، یانگ‌تاو^۵، گوس‌بری چینی^۶ و نام علمی *Actinidia deliciosa* معروف می‌باشد (Winch, 2006; Yerex and Haines, 1983). از لحاظ حجم تولید میوه کیوی، ایران مقام چهارم جهان و در نیمکره شمالی بعد از کشور ایتالیا در مقام دوم قرار گرفته است. از نظر صادرات نیز ششمین کشور صادرکننده کیوی در جهان

۱-۲ به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۴- استادیار پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

*- نویسنده مسئول: (Email: khoshtag@modares.ac.ir)

5- Yang tao

6- Chinese gooseberry

از ارغوانی به قهوه‌ای تغییر می‌یابد (Vermeiren *et al.*, 1999). مسئله‌ای که استفاده از این ماده را محدود می‌کند، سمی بودن آن است. بنابراین از این ماده به گونه‌ای باید استفاده کرد که در تماس مستقیم با مواد غذایی نباشد (Kerry and Butler, 2008). همچنین از آنجا که نانو ذرات دارای نسبت سطح به وزن بالایی هستند (Azeredo, 2009)، به‌منظور افزایش سطح تماس پتاسیم پرمنگنات با اتمسفر محیط، این ماده را به‌صورت نانو ذرات در منافذ نانویی مواد معدنی بی اثر از قبیل ژئولیت (به صورت نانو ژئولیت پتاسیم پرمنگنات)، آلومینا و رس نفوذ می‌دهند (Jayamaraman and Raju, 1992; Oh *et al.*, 1996). در تحقیقی تأثیر گرانول‌های نانو جاذب هورمون اتیلن از جنس پتاسیم پرمنگنات با بستریهای ژئولیتی، بر افزایش عمر انبارمانی و خصوصیات کیفی میوه کیوی (رقم هیوارد) مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق دستگاه حاوی نانو جاذب گاز اتیلن (مدل ۱۵۰۰، ساخت شرکت Bioconservacion) در انتهای محل سردخانه و زیر فن‌های خنک‌کننده هوای داخلی قرار داده شد. در اثر واکنش نانو جاذب‌ها با اتیلن موجود در هوای مکش شده، اتیلن اکسید شده و از اثرات زیان‌بار آن جلوگیری گردید. نتایج نشان داد که بیشترین سفتی، کمترین مقدار pH، درصد مواد جامد محلول و افت وزنی در طی نگهداری در سردخانه، مربوط به تیمار استفاده از دستگاه حاوی نانو جاذب‌های اتیلن در مقایسه با تیمار بدون استفاده از دستگاه مذکور بود (Emadpour *et al.*, 2008). در تحقیقی از بروموتیمیل^۶ آبی و متیل قرمز به‌عنوان یک بارکد شیمیایی^۷ و نشانگر فساد دسر^۸ استفاده شده است. نتایج نشان داد که بین اختلاف رنگ کل نشانگر و میزان کربن دی اکسید ناشی از فساد دسر همبستگی خوبی مشاهده شد (Nopwinyuwong *et al.*, 2010). در تحقیقی دیگر با استفاده از کلسیم هیدروکسید (جاذب CO₂)، بروموکرزول^۹ (ارغوانی) و متیل^{۱۰} (قرمز) به‌عنوان رنگ‌دانه‌های شیمیایی، نشانگرهای رنگی به‌منظور بسته‌بندی کیمچی^{۱۱} (یک غذای کره‌ای) تهیه شدند. نتایج حاکی از آن بود که بین میزان pH کیمچی و تغییر رنگ نشانگرهای رنگی همبستگی وجود دارد (Hong and Park, 1999). در پژوهشی برای اولین بار، از پتاسیم پرمنگنات به‌عنوان جاذب گاز اتیلن جهت کنترل رسیدن میوه موز استفاده شد. نتایج نشان داد پس از ۱۶ روز نگهداری ثبات کیفیت میوه در حضور جاذب، نسبت به حالتی که جاذب وجود نداشت تقریباً ۲ برابر بوده است (Scott *et al.*, 1970).

کسب می‌کند (Ghanbari, 2002). بنابراین، اگر مشکلات مربوط به بسته‌بندی، درجه‌بندی و انبارداری و در نهایت صادرات این کالا رفع شود، ایران قادر خواهد بود، بیشترین سهم را در بازار میوه کیوی اروپا به‌خود اختصاص دهد (Ghanbari, 2002). از روش‌های جدید بسته‌بندی مواد غذایی، بسته‌بندی فعال و هوشمند می‌باشد. در بسته‌بندی فعال، موادی به کار برده می‌شوند که جاذب اکسیژن، اتیلن، رطوبت، کربن دی‌اکسید، رایحه^۱ و آزادکننده‌های کربن دی‌اکسید، عامل‌های ضد میکروبی، ضد اکسیدکننده‌ها و متوقف‌کننده‌های آنزیم^۲ باشند (Vermeiren *et al.*, 1999). بسته‌بندی هوشمند شامل استفاده از برچسب‌های هشدار دهنده فساد مواد غذایی، نشانگرهای^۳ زمان-دما، نشانگرهای زمان رسیدگی، نشانگرهای غلظت گازها، حسگرهای زیستی، برچسب‌های بارکد دار و ... می‌باشد (Kerry and Butler, 2008). در تحقیقی میوه‌های کیوی (رقم هیوارد) در اندازه‌های بزرگ، متوسط و کوچک (به‌ترتیب دارای جرم تقریبی ۱۰۱، ۹۳ و ۸۱ گرم) در سردخانه (دمای صفر درجه سلسیوس) نگهداری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری میزان مواد جامد محلول، افزایش و سفتی میوه‌ها کاهش یافت. اندازه میوه بر میزان مواد جامد محلول تأثیر معنی‌داری نداشت. در صورتی که میوه‌های کوچک‌تر سریع‌تر از میوه‌های بزرگ‌تر نرم شدند (Crisosto *et al.*, 1999). برخی از شرکت‌های تجاری برچسب‌ها و بالشتک‌های هشدار دهنده‌ای را تولید نموده‌اند که با تغییر رنگ به مصرف‌کننده اطلاعاتی از جمله درباره رسیدگی میوه، فساد ماده غذایی و غیره را می‌دهند. برخی از این نشانگرها نسبت به تغییرات pH، کربن دی‌اکسید، اکسیژن، اتیلن و ... حساس می‌باشند. مرکز فناوری غذای گلف، بالشتک‌های ژله‌ای حساس به اکسیژن را تولید کرده است (Legood and Clarke, 2006). در نیوزلند گروه تجاری جنکینز^۴ نشانگر رسیدگی تحت عنوان Ripe Sense را تولید کرده‌اند (Kerry and Butler, 2008). اتیلن یک هورمون رشد است که کارکرد آن جوانه زدن گیاه، رشد گیاه و رشد میوه است. اتیلن به افزایش سرعت رسیدن میوه و همچنین به دنبال آن به پیری و نابودی محصول کمک می‌کند. وقتی گاز اتیلن از اطراف میوه تازه و سبزیجات حذف شود، فرآیند رسیدن و تخریب محصولات کاهش و عمر نگهداری آن افزایش می‌یابد. به‌منظور حذف اتیلن، از جاذب‌های گاز اتیلن که در سیستم بسته‌بندی فعال کاربرد دارد، استفاده می‌شود (Golding *et al.*, 1998). پتاسیم پرمنگنات، جاذب‌کننده^۵ گاز اتیلن می‌باشد و اتیلن را اکسید می‌کند که در طی این فرآیند، رنگ آن

6- Bromothymol
7- Chemical barcode
8- Dessert
9- Bromocresol
10- Methyl
11- Kimchi

1- Avours
2- Enzyme immobilization
3- Indicators
4- Jenkins group
5- Scavenger

به‌عنوان عامل فعال (با جذب اتیلن) و هوشمند (با تغییر رنگ) و زمان نگهداری بر خواص فیزیکیوشیمیایی^۴ میوه کیوی، آزمایش‌های مختلفی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق میوه‌های کیوی از رقم هیوارد در دو محدوده جرمی کوچک و بزرگ (با اختلاف جرم تقریباً ۳۰ g) از شهرستان رامسر در استان مازندران تهیه شدند. با توجه به این که در تحقیقات گذشته نشان داده شده که اندازه کیوی در تغییرات خواص فیزیکی آن در طی انبار تأثیر چندانی نداشته ولی برای نمونه‌های کوچک تأثیر معنی دار بوده است (Crisosto *et al.*, 1999) و همچنین با توجه به میوه‌های کیوی موجود و برای نشان دادن بهتر تأثیر اندازه، این دو محدوده جرم از کیوی‌ها برای انجام این تحقیق، انتخاب گردید. با توجه به چگالی حقیقی میوه کیوی رقم هیوارد $1/045 \text{ g cm}^{-3}$ (Harris and McDonald, 1975) برخی مشخصات فیزیکی نمونه‌های کیوی اندازه‌گیری شده، در جدول ۱ آورده شده است.

همچنین به منظور تهیه بالشتک‌های حاوی نانو زئولیت پتاسیم پرمنگنات در سطوح مختلف ۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۸ گرم ابتدا نانو زئولیت مورد نیاز را از شرکت زیست پژوهان خاورمیانه خریداری شد. همانطور که بیان شد، به دلیل سمی بودن پتاسیم پرمنگنات، این ماده را به گونه‌ای باید استفاده کرد که در تماس مستقیم با مواد غذایی نباشد (Kerry and Butler, 2008). همچنین از آنجا که نانو ذرات دارای نسبت سطح به وزن بالایی هستند (Azeredo, 2009)، به منظور افزایش سطح تماس پتاسیم پرمنگنات با اتمسفر محیط، این ماده را به صورت نانو ذرات در منافذ نانویی مواد معدنی بی اثر از قبیل زئولیت (به صورت نانو زئولیت پتاسیم پرمنگنات)، آلومینا و رس نفوذ می‌دهند (Jayamaran and Raju, 1992; Oh *et al.*, 1996). سپس با استفاده از فیلم پلی اتیلنی با چگالی کم (LDPE)^۵، که دارای نفوذپذیری خوبی نسبت به گاز اتیلن بوده و در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی کاربرد فراوانی دارد و همچنین ارزان و دسترس می‌باشد (Appendini and Hotchkiss, 2002; Wang *et al.*, 1998)، به ضخامت ۲۰ میکرون و دستگاه دوخت حرارتی (مدل سپهر الکتریک) بالشتک‌ها (۲×۲cm) تهیه شدند. پس از تهیه بالشتک‌های حاوی نانو زئولیت پتاسیم پرمنگنات در سطوح مختلف (۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۸ گرم) و میوه‌های کیوی (کوچک و بزرگ) و بطری‌های شیشه‌ای یک لیتری درب دار، داخل تعدادی از بطری‌ها ۴ عدد میوه کیوی بزرگ و داخل تعدادی دیگر ۶ عدد میوه کیوی کوچک قرار داده شد.

محققین دیگر نیز در تحقیقی نتایج مشابهی را با استفاده از پرلیت و پتاسیم پرمنگنات برای میوه انبه به دست آورده‌اند (Esguerra *et al.*, 1978). همچنین در تحقیقی با استفاده از پتاسیم پرمنگنات در یک فیلم PVC مدت زمان نگهداری سیب افزایش یافت (Chaves *et al.*, 2007). در تحقیقی دیگر میوه‌های کیوی در کیسه‌های پلی اتیلنی (ضخامت ۰/۴ mm) با و بدون جاذب اتیلن (پتاسیم پرمنگنات در آلومینیم اکسید) در دمای ۵/۰-۰°C مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که استفاده از جاذب اتیلن باعث کاهش سرعت نرم شدن میوه‌ها شد (Scott *et al.*, 1984). در پژوهشی اثر پتاسیم پرمنگنات بر عمر نگهداری پس از برداشت میوه سیب شیرین (*Annona squamosa*, L) بررسی شد. بدین منظور چهار عدد میوه و یک بالشتک^۱ حاوی پتاسیم پرمنگنات (۰، ۳، ۶ و ۹ درصد) در بسته‌هایی از جنس PVC^۲ (ضخامت ۰/۱ mm) در دمای ۱۶°C و رطوبت نسبی ۹۰-۹۰٪ نگهداری شدند. نتایج نشان داد که پتاسیم پرمنگنات (۹٪ و ۱۲٪) به ترتیب ماندگاری میوه سیب شیرین را تا ۷ و ۱۲ روز افزایش داد (Chaves *et al.*, 2007). در پژوهشی دیگر محققین گزارش کردند پس از ۱۲ روز نگهداری میوه موز، نمونه‌های دارای پتاسیم پرمنگنات در مقایسه با نمونه‌های فاقد جاذب دارای سفتی بیشتر و کاهش وزن کمتری بودند (Mohammad and Campbell, 1993). در تحقیقی توانایی جذب سطوح پایین اتیلن توسط پتاسیم پرمنگنات در بستر آلومینا بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش جرم بستر از ۳۰٪ با ۱ گرم به ۹۰٪ با ۵۰ گرم، حذف اتیلن به صورت خطی افزایش یافت (Wills and Warton, 2004). در پژوهشی دیگر اثر بسته‌های کوچک حاوی پتاسیم پرمنگنات (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم) بر حفاظت پس از برداشت میوه پاپایا^۳ پیچیده شده در کیسه‌های پلی اتیلنی با چگالی کم (سه عدد میوه در هر کیسه) بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان پتاسیم پرمنگنات، افت وزنی بافت میوه کاهش یافت. همچنین با استفاده از پتاسیم پرمنگنات وضعیت اولیه میوه‌ها پس از ۲۵ روز انبارداری حفظ شد (Silva *et al.*, 2009). در تحقیقی دیگر تأثیر حذف هورمون اتیلن با استفاده از نانو زئولیت پوشش داده شده با پتاسیم پرمنگنات بر افزایش عمر انبارداری و خصوصیات کیفی کاهوی سالادی و کلم چینی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از دستگاه حاوی نانو جاذب، بر خصوصیات کیفی مورد بررسی کاهو و کلم، تأثیر معنی‌داری داشته و بیشترین سفتی و پایین‌ترین میزان pH مربوط به تیمار حضور دستگاه جاذب بود (Rezaii *et al.*, 2009).

در تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر نانو زئولیت پتاسیم پرمنگنات

4- Physicochemical properties
5- Low density polyethylene

1- Sachet
2- Poly Vinyl Chloride
3- Papaya

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی نمونه های کیوی

Table 1- Some physical properties of kiwifruit samples

Sample	Geometrical mean diameter (cm)	Average volume (cm ³)	Average mass (g)
Large fruits	0.19±51.89	0.54±85.28	1.2±89.12
Small fruits	0.15±46.27	0.53±58.21	1.4±60.83

مؤلفه a ، b و L قرأت شد. L بیانگر روشنایی است که دامنه آن از ۰ تا ۱۰۰ می‌باشد. a (قرمزی) و b (زردی) بیانگر ترکیبات رنگی می‌باشند که از ۱۲۰ تا ۱۲۰+ تغییر می‌کنند (Farahnaky and Afshari Jouybari, 2008). در ادامه با توجه به روابط (۱)، (۲) و (۳) به ترتیب کروما^۱ (غلظت رنگ)، زاویه هیو^۲ (شدت رنگ) و اختلاف رنگ کل^۳ (ΔE) برای نمونه‌ها نیز محاسبه شد (Mortazavi et al., 2008; Nopwinyuwong et al., 2010).

$$C^* = \sqrt{(a)^2 + (b)^2} \quad (۱)$$

$$H^{\circ} = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad (۲)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (۳)$$

میزان سفتی^۴ میوه از طریق انجام آزمون پانچ و اندازه‌گیری شاخص استاندارد سفتی مگنس-تیلور^۵ اندازه‌گیری شد. این آزمایش با استفاده از دستگاه آزمون مواد (H50 K-S, Hounsfield, England) انجام شد. ابتدا یک لایه از پوست (تقریباً ۲ میلی‌متر) به وسیله تیغ جراحی جدا شده، سپس با استفاده از دستگاه آزمون مواد، میله‌ای با نوک محدب به قطر ۸ میلی‌متر تا عمق ۸ میلی‌متر و با سرعت 10 mm s^{-1} (Hertog et al., 2004)، در دو جهت مخالف در راستای قطر کوچک در میوه نفوذ داده شد. در ادامه با توجه به منحنی‌های نیرو- تغییر شکل ثبت شده در حافظه کامپیوتر میزان سفتی برای هر نمونه تعیین شد (White et al., 2005).

در ادامه تحقیق با استفاده از نرم افزارهای مختلف آماری و با انجام آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اطلاعات به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج به صورت جداول و نمودار در ذیل ارائه شده است.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس متغیرها در جدول ۲ خلاصه شده

سپس داخل هر یک از بطری‌ها، بالشتک‌های حاوی نانوذولیت پتاسیم پرمنگنات در سطوح انتخابی و در سه تکرار برای کیوی‌های کوچک و بزرگ قرار داده شد (Silva et al., 2009). با توجه به اینکه نانوذولیت پتاسیم پرمنگنات از شرکت زیست پژوهان تهیه شده است، به توصیه این شرکت برای نگهداری هر ۱ kg میوه کیوی ۱/۵ g نانوذولیت استفاده می‌شود. لذا با توجه به جرم کیوی‌های مورد آزمایش به منظور بررسی میزان ماندگاری میوه‌ها و تغییرات رنگ نانوذولیت، این سطوح انتخاب شد. در ادامه پس از آب‌بندی بطری‌های حاوی میوه‌های کیوی و بالشتک‌های نانوذولیت توسط پارافیلیم، آن‌ها را در ژرمیناتور در دمای 5°C و رطوبت نسبی ۳۰٪ قرار داده و در زمان‌های ۰، ۲، ۴ و ۶ هفته نگهداری، آزمایش‌های مشخصی که در ادامه ذکر شده است بر روی نمونه‌ها صورت پذیرفت. به منظور تعیین میزان مواد جامد محلول هر نمونه، از دستگاه رفاکتومتر (53000C Hand Refractometer) استفاده شد. بدین صورت که دو انتهای میوه به اندازه ۱۰ mm بریده شده و از دو انتهای آن، نمونه‌هایی از آب میوه گرفته شد و با استفاده از دستگاه رفاکتومتر میزان مواد جامد محلول، برای هر نمونه تعیین شد (McGlone et al., 2002). به منظور تعیین میزان pH برای هر نمونه، پس از خرد کردن هر نمونه و جدا کردن آب میوه از مخلوط به دست آمده، با به کارگیری دستگاه pH متر (744 Metrohn)، میزان pH هر نمونه تعیین شد (OECD Standard, 1998).

به منظور تعیین میزان رطوبت میوه، دو قطعه به ضخامت ۳ mm از هر میوه جدا کرده و پس از توزین، به مدت ۲۴ ساعت در اجاق آزمایشگاهی، در دمای ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده شد (McGlone et al., 2002). سپس نمونه‌ها را خارج کرده و به مدت ۱۵ دقیقه در دسیکاتور قرار داده و پس از آن دوباره نمونه‌ها را وزن کرده و میزان رطوبت محصول بر پایه تر، برای هر نمونه محاسبه شد (Fenton and Kennedy, 1998).

به منظور اندازه‌گیری رنگ نانوذولیت پتاسیم پرمنگنات، از دستگاه رنگ سنج (Colorflex, Hunter lab, USA) استفاده شد. بدین صورت که ابتدا دستگاه به کمک کاشی‌های رنگی استاندارد کالیبره گردید. سپس نمونه‌های نانوذولیت را از داخل بالشتک‌ها خارج کرده و در داخل استوانه مخصوص قرار داده شدند. در ادامه نمونه‌ها بر روی روزنه قرأت دستگاه قرار داده شدند و رنگ نمونه‌ها بر اساس سه

- 1- Chroma
- 2- Hue angle
- 3- Total color difference
- 4- Firmness
- 5- Magness-Taylor

و سرعت تجزیه اسیدها بستگی دارد (Hassani et al., 2010). با توجه به جدول ۲ اثر نانو زئولیت بر میزان pH معنی دار و در شکل ۲ مقایسه میانگین حاصل از آزمون دانکن آورده شده است. مشاهده می شود که نمونه های فاقد نانو زئولیت نسبت به نمونه های دارای نانو زئولیت دارای میزان pH بیشتری می باشند که این اختلاف می تواند به خاطر جذب اتیلن توسط نانو زئولیت و در نتیجه کاهش رسیدگی میوه و pH آن باشد. عمادپور و همکاران (۲۰۰۸) نیز میزان pH کیوی های قرار داده شده در مجاورت جاذب اتیلن (۳/۸۴) را کمتر از کیوی های شاهد (۴/۰۲) گزارش کرده اند. همچنین بین سه سطح دیگر نانو زئولیت اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود که این امر می تواند به دلیل عدم اشباع شدن نانو زئولیت توسط گاز اتیلن ساطع شده از میوه ها به وجود آمده باشد.

است. همان طور که مشاهده می شود علاوه بر اثرات اصلی زمان، جرم و نانو زئولیت اثر متقابل زمان و جرم نیز بر میزان pH معنی دار شده است. با توجه به شکل ۱، مشاهده می شود در هر زمان بین میوه های کوچک و بزرگ از لحاظ میزان pH اختلاف معنی داری وجود دارد و در طی زمان این ویژگی برای هر دو جرم افزایش یافته است. افزایش pH، به علت فعالیت های بیوشیمیایی داخل میوه می باشد که باعث شده اند مواد اسیدی موجود در میوه به فرآورده های قندی تبدیل شوند (Meidani and Hashemi dezfuli, 1997).

پارک و جانگ (۲۰۰۶) روند تغییرات pH را برای میوه کیوی (در دمای ۲۰ درجه سلسیوس) نوسانی گزارش کرده اند. میزان pH کیوی های بزرگ بیشتر از کیوی های کوچک می باشد. این در حالی است که میزان اسیدهای آلی به محتوای مواد جامد محلول قابل حل

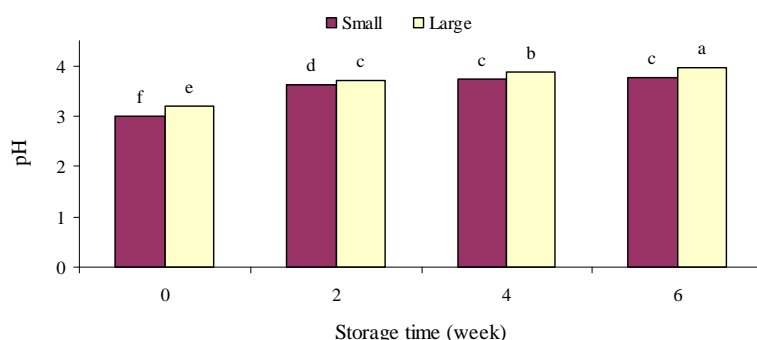
جدول ۲- تجزیه واریانس متغیرها برای خواص حاصل از آزمایشات بر روی میوه کیوی

Table 2- Analysis of variance of variables for resulted properties of experiments on kiwifruit

Variable	df	Mean Square (M.S)			
		Firmness (N)	SSC (Brix)	MC (%w.b.)	pH
Storage time	3	887.73**	327.31**	7.53**	2.95**
Nano-zeolite	3	51.68**	11.21**	0.085 ^{ns}	0.1**
Fruit mass	1	129.09**	20.4**	2.78**	0.61**
Nano-zeolite×Time	9	8.52**	2.26**	0.23 ^{ns}	0.12 ^{ns}
Mass×Time	3	1.79*	0.64**	0.41 ^{ns}	0.22*
Mass×Nano-zeolite	3	0.025 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.009 ^{ns}
Mass×Nano-zeolite×Time	9	0.59 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.009 ^{ns}

* در سطح ۰/۰۵ معنی دار است. ** در سطح ۰/۰۱ معنی دار است. ^{ns} معنی دار نیست.

* Significant difference at 5%. ** Significant difference at 1%. ^{ns} No significant difference.



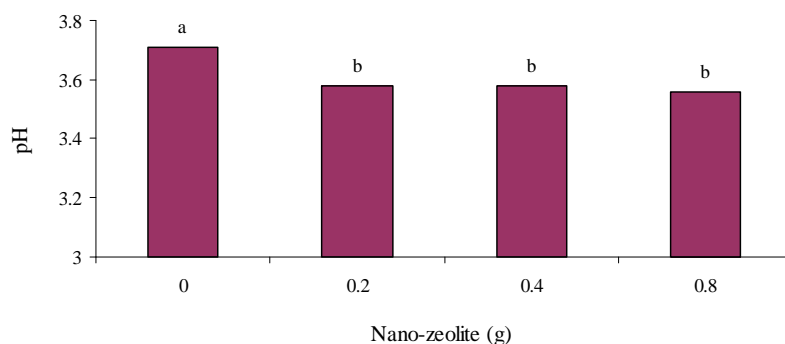
شکل ۱- مقایسه مقادیر میانگین میزان pH برای کیوی کوچک و بزرگ در طی نگهداری (دانکن ۵٪). (میانگین های دارای حروف مشترک، دارای اختلاف معنی داری نمی باشند).

Fig.1. Comparison of mean values of pH for large and small kiwifruit, during storage (Duncan 5%) . (Columns with the same letters have not significant differences)

آن هم تقریباً ۱٪ می‌باشد و بین زمان‌های دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. این می‌تواند به دلیل افزایش رطوبت نسبی داخل شیشه‌ها ناشی از تنفس میوه که به معنای اکسید شدن قندهای شش کربنه و تبدیل آن‌ها به CO_2 ، آب و انرژی (به کمک آنزیم) است (Bayan, 2011) و تبخیر سطحی از پوست آن، در طی نگهداری اتفاق افتاده باشد. این در حالی است که محققین دیگر پس از ۱۲ هفته نگهداری میوه کیوی در سردخانه (رطوبت نسبی ۹۰٪ و دمای صفر درجه سلسیوس) اختلاف معنی‌داری از لحاظ میزان رطوبت (۸۴ % w.b.) گزارش نکرده‌اند (Harris and McDonald, 1975). این اختلاف می‌تواند ناشی از تفاوت در زمان برداشت و شرایط نگهداری میوه‌ها باشد (Sawada *et al.*, 1992).

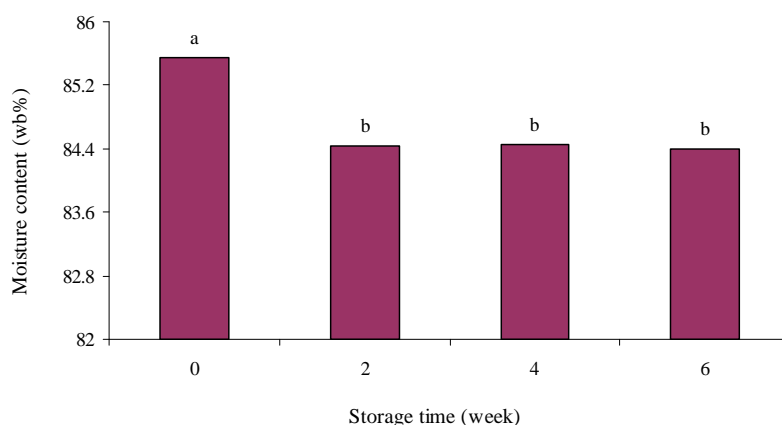
به عبارتی دیگر، اگر هر یک از سطوح نانوزئولیت با جذب گاز اتیلن به حالت اشباع می‌رسید و دیگر قادر به جذب اتیلن نبود، امکان مشاهده اختلاف معنی‌دار وجود داشت. از جمله عوامل مؤثر بر این نتیجه، زمان برداشت میوه‌های کیوی که در میزان رسیدگی اولیه و اتیلن ساطع شده از آن‌ها بسیار مؤثر است. این سطوح از نانوزئولیت با توجه به توصیه شرکت زیست پژوهان (به منظور نگهداری میوه‌های کیوی برای هر کیلوگرم میوه ۱/۵ گرم نانوزئولیت استفاده شود) که مواد از آن‌ها خریداری شده، به گونه‌ای انتخاب شده است که هم تغییرات رنگ نانوزئولیت و هم میزان ماندگاری میوه‌ها مورد مطالعه قرار گیرد (Kerry and Butler, 2008).

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود بیشترین کاهش درصد رطوبت در دو هفته ابتدای نگهداری اتفاق افتاده است که البته میزان



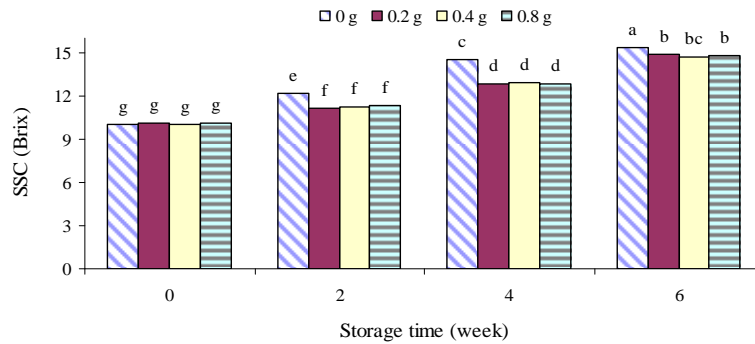
شکل ۲- مقایسه مقادیر میانگین میزان pH میوه کیوی در سطوح مختلف نانوزئولیت (دانکن ۵٪) (میانگین‌های دارای حروف مشترک، دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند).

Fig.2. Comparison of mean values of kiwifruit pH for nano-zeolite levels (Duncan 5%) (Columns with the same letters have not significant differences)



شکل ۳- مقایسه مقادیر میانگین درصد رطوبت میوه کیوی در طی نگهداری (دانکن ۵٪) (میانگین‌های دارای حروف مشترک، دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند).

Fig.3. Comparison of mean values of kiwifruit moisture content percentage (wb) during storage (Duncan 5%) (Columns with the same letters have not significant differences)



شکل ۴- مقایسه مقادیر میانگین میزان مواد جامد محلول میوه کیوی برای سطوح نانوزئولیت در طی نگهداری (دانکن ۵٪) (میانگین‌های دارای حروف مشترک، دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند).

Fig.4. Comparison of mean values of kiwifruit SSC for nano-zeolite levels, during storage (Duncan 5%) (Columns with the same letters have not significant differences)

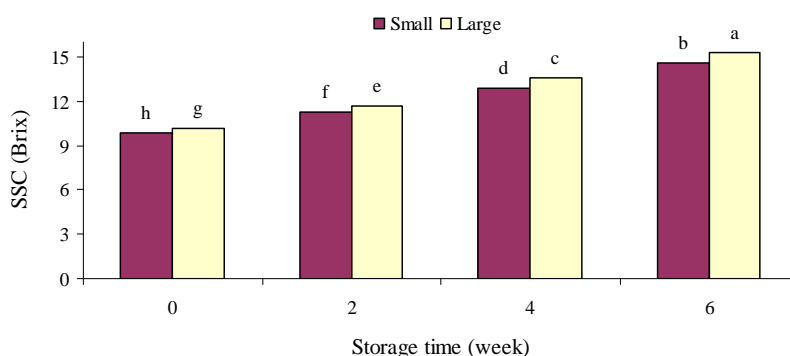
کمتری می‌باشند که این امر می‌تواند به دلیل جذب گاز اتیلن ساطع شده از میوه‌ها توسط بالشتک‌های حاوی نانوزئولیت پتاسیم پرمنگنات باشد (Kerry and Butler, 2008). در تحقیقی سفتی کیوی‌های تیمار شده با دستگاه جاذب اتیلن و بدون آن را در طی انبار به ترتیب ۳۰/۱ N و ۴/۰۹ N گزارش کرده‌اند (Emadpour et al., 2008). همچنین مشاهده می‌شود بین نمونه‌های دارای بالشتک نانوزئولیت از لحاظ میزان سفتی میوه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد که می‌تواند به دلیل اشباع نشدن نانوزئولیت از گاز اتیلن باشد (Kerry and Butler, 2008).

همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، با افزایش زمان نگهداری سفتی میوه‌ها در هر دو جرم کوچک و بزرگ کاهش یافته است. نرم شدن و کاهش سفتی میوه، نه تنها به دلیل تبدیل پروتوپکتین نامحلول به پکتین محلول است، بلکه به دلیل کاهش همی‌سلولز نیز می‌باشد (Saneie shariatpanahi, 1982). با توجه به این که اثر متقابل جرم و زمان بر سفتی میوه‌ها معنی‌دار شده است (جدول ۲). لذا نتیجه می‌شود نرخ کاهش سفتی برای دو جرم کوچک و بزرگ متفاوت می‌باشد و همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود در هر زمان سفتی میوه‌های بزرگ بیشتر از میوه‌های کوچک می‌باشد. محققین دیگر نیز بین میوه‌های کوچک و بزرگ از لحاظ نرخ نرم شدن اختلاف معنی‌داری را مشاهده و گزارش کرده‌اند که پس از ۱۶ هفته نگهداری در اتمسفر کنترل شده، سفتی میوه‌های بزرگ و کوچک به ترتیب به ۱۲ lbf و ۹ lbf رسیده است (Crisosto et al., 1999).

در جدول ۳ نتایج حاصل از تجزیه واریانس متغیرها برای ویژگی‌های مختلف رنگ نانوزئولیت موجود در بالشتک‌های مورد استفاده آورده شده است.

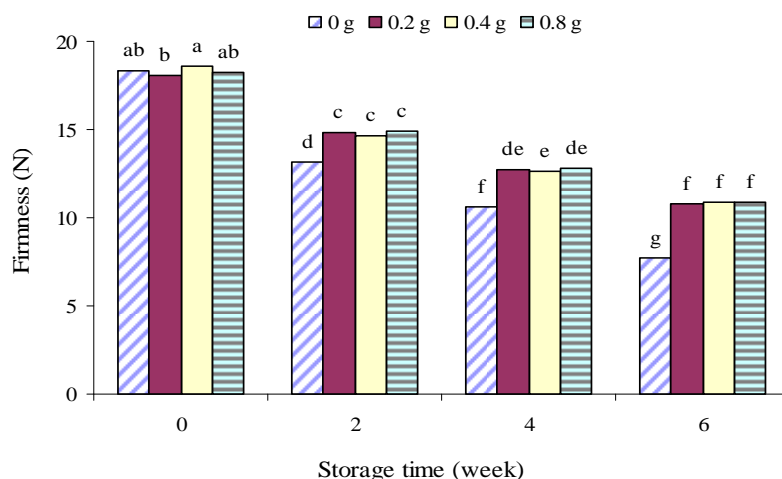
با توجه به شکل ۴ بین سطوح مختلف نانوزئولیت در هر زمان به جز سطح صفر گرم، از لحاظ میزان مواد جامد محلول اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. این امر می‌تواند به دلیل جذب گاز اتیلن ساطع شده از میوه‌ها توسط بالشتک‌های حاوی نانوزئولیت پتاسیم پرمنگنات به وجود آمده باشد (Kerry and Butler, 2008). همچنین در شکل ۵ مشاهده می‌شود که با افزایش زمان نگهداری در هر دو جرم میوه کیوی میزان مواد جامد محلول افزایش یافته است و از آنجا که با توجه به جدول ۲ اثر متقابل زمان و جرم معنی‌دار شده است. نرخ افزایش برای هر دو جرم متفاوت می‌باشد. همچنین در هر زمان، کیوی‌های بزرگ دارای میزان مواد جامد محلول بیشتری نسبت به میوه‌های کوچک‌تر می‌باشند. این تفاوت می‌تواند ناشی از ترکیبات داخل سلول و بزرگ بودن سینک^۱ (به اندام مصرف کننده مواد فتوسنتزی در گیاه و یا اندام‌هایی که قادر به تأمین مواد مورد نیاز خود برای رشد و یا ذخیره نمی‌باشند، مانند ریشه، غده، میوه و برگ‌های در حال رشد گفته می‌شود) ایجاد شده باشد. به طوری که میوه‌های بزرگ‌تر میزان بیشتری از مواد غذایی تولید شده توسط برگ‌ها را جذب می‌کنند (Abedini, 2009). کریزوستو و همکاران در رقم هیوارد بین جرم‌های کوچک و بزرگ از لحاظ میزان مواد جامد محلول اختلاف معنی‌داری مشاهده نکرده و گزارش کرده‌اند که SSC میوه‌های کیوی، پس از ۱۰ هفته نگهداری در سردخانه تقریباً از ۱۲٪ به ۱۴٪ افزایش یافته است (Crisosto et al., 1999). این اختلاف می‌تواند ناشی از شرایط و روش پرورش کیوی قبل از برداشت و شرایط انبارداری پس از برداشت و همچنین تفاوت در انتخاب دامنه جرم میوه‌های کوچک و بزرگ به وجود آمده باشد (Harker and Hallett, 1994).

همان‌گونه که در شکل ۶ نشان داده شده است، نمونه‌های فاقد نانوزئولیت نسبت به نمونه‌های حاوی بالشتک نانوزئولیت، دارای سفتی



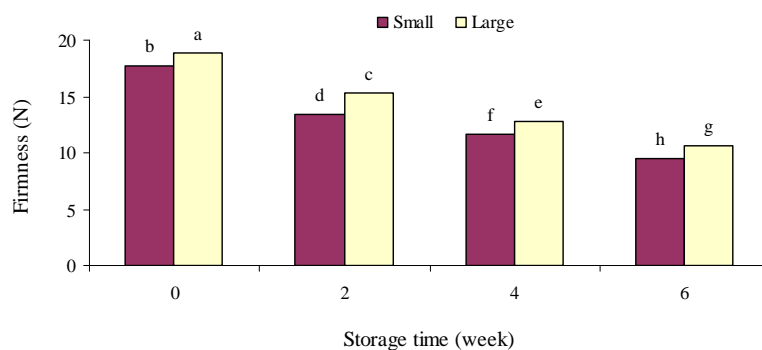
شکل ۵- مقایسه مقادیر میانگین میزان مواد جامد محلول کیوی کوچک و بزرگ در طی نگهداری (دانکن ۵٪) (میانگین‌های دارای حروف مشترک، دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند).

Fig.5. Comparison of mean values of SSC for large and small kiwifruit, during storage (Duncan 5%) (Columns with the same letters have not significant differences)



شکل ۶- مقایسه مقادیر سفتی میوه کیوی برای سطوح نانوزئولیت در طی نگهداری (دانکن ۵٪) (میانگین‌های دارای حروف مشترک، دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند).

Fig.6. Comparison of mean values of kiwifruit firmness for nano-zeolite levels, during storage (Duncan 5%) (Columns with the same letters have not significant differences)



شکل ۷- مقایسه مقادیر سفتی میوه‌های کوچک و بزرگ کیوی در طی نگهداری (دانکن ۵٪) (میانگین‌های دارای حروف مشترک، دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند).

Fig.7. Comparison of mean values of firmness for large and small kiwifruit, during storage (Duncan 5%) (Columns with the same letters have not significant differences)

جدول ۳- تجزیه واریانس متغیرها برای ویژگی‌های رنگ نانوزئولیت

Table3- Analysis of variance of variables for properties of nano-zeolite color

Variable	df	Mean Square(M.S)			
		C*	ΔE	H ^o	L
Storage time	3	13.59**	124.75**	0.33**	4.68**
Nano-zeolite	2	0.074**	40.99**	0.131**	6.59**
Fruit mass	1	0.071*	0.72**	0.002**	0.07**
Nano-zeolite×Time	6	0.149**	5.46**	0.017**	0.94**
Mass×Time	3	0.019 ^{ns}	0.23**	0.001**	0.012**
Mass×Nano-zeolite	2	0.08**	0.055**	5.69E0.005 ^{ns}	0.006**
Mass×Nano-zeolite×Time	6	0.029*	0.032**	9.86E0.005**	0.004**

* در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است. ** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. ^{ns} معنی‌دار نیست.

* Significant difference at 5%. ** Significant difference at 1%. ^{ns} No significant difference.

زمان در سطوح مختلف نانوزئولیت و جرم‌های کوچک و بزرگ، میزان L (روشنایی) رنگ نمونه‌ها کاهش و اختلاف رنگ کل (ΔE)، زاویه هیو (H^o) و کروما (C*) افزایش یافته است. این روند می‌تواند به دلیل واکنش پتاسیم پرمنگنات با اتیلن ساطع شده از میوه‌ها به‌وجود آمده باشد (Vermeiren *et al.*, 1999).

همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر متقابل سه گانه زمان، نانوزئولیت و جرم برای هر چهار ویژگی معنی‌دار شده است. لذا به‌منظور بررسی و مقایسه میانگین‌ها پس از انجام آزمون دانکن نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود (جدول ۴) در اکثر موارد با افزایش

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های رنگ نانوزئولیت بین سطوح مختلف زمان، نانوزئولیت و جرم (دانکن ۵٪)

Table4- Comparison of color properties mean values of nano-zeolite, between difference levels of time, nano-zeolite and mass (Duncan 5%)

Storage time (week)	Nano-zeolite (g)	Fruit germ	C*	ΔE	H ^o	L
0	0.2	small	17.12k	0n	0.43m	27.53a
2	0.2	small	18.41j	5.26e	0.71e	26.52g
4	0.2	small	19.25a	7.54c	0.83c	25.67j
6	0.2	small	19.13bc	8.57a	0.88a	25.57k
0	0.2	Large	17.12k	0n	0.43m	27.53a
2	0.2	Large	18.42j	5.26e	0.71e	26.68e
4	0.2	Large	19.16b	7.19d	0.8d	25.73i
6	0.2	Large	18.73gh	8b	0.86b	25.65j
0	0.4	small	17.12k	0n	0.43m	27.52a
2	0.4	small	18.64hi	3.13l	0.58l	27.1c
4	0.4	small	18.95cde	4.77g	0.67h	26.61f
6	0.4	small	18.81efgh	5.25e	0.7f	26.45h
0	0.4	Large	17.12k	0n	0.43m	27.53a
2	0.4	Large	18.50ij	3.11l	0.59l	27.3b
4	0.4	Large	18.82efgh	4.11i	0.63j	26.69e
6	0.4	Large	18.74fgh	4.81f	0.68g	26.52g
0	0.8	small	17.12k	0n	0.43m	27.53a
2	0.8	small	18.44j	3.08m	0.59l	27.52a
4	0.8	small	18.81efgh	4j	0.63jk	27.51a
6	0.8	small	18.93def	4.38h	0.65i	26.98d
0	0.8	Large	17.12k	0n	0.43m	27.52a
2	0.8	Large	18.52ij	3.07m	0.58l	27.53a
4	0.8	Large	18.83efg	3.9k	0.63jk	27.53a
6	0.8	Large	19.08bcd	4.12i	0.63jk	27.1c

(در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.)

(Means with the same letters have not significant differences in each column)

R^2 مناسبی به دست آمده است. محققین دیگر نیز بین اختلاف رنگ کل (ΔE) بروموتیمیل و متیل به عنوان نشانگر فساد دسر و میزان کربن دی اکسید ناشی از فساد، همبستگی خوبی را گزارش کرده‌اند (Nopwinyuwong *et al.*, 2010). با توجه به جدول ۴ اختلاف رنگ کل در طی زمان نگهداری در بین سطوح مختلف نانو ژئولیت، برای سطح ۰/۲ گرم دارای بیشترین مقدار می‌باشد و نیز با توجه به این که نتایج حاصل از بررسی خواص مختلف میوه کیوی در هر زمان برای سطوح مختلف نانو ژئولیت تغییرات معنی داری را نشان نمی‌دهد، لذا سطح ۰/۲ گرم نانو ژئولیت با توجه به شرایط این تحقیق توصیه می‌شود. توضیحی که می‌توان برای معنی دار نشدن سطوح مختلف نانوژئولیت در بررسی خواص فیزیکی میوه‌های کیوی در هر زمان بیان کرد، عبارت است از این که این امر می‌تواند ناشی از میزان رسیدگی اولیه میوه‌ها، حجم بطری‌های مورد آزمایش (۱ لیتر) که میزان اکسیژن قابل دسترس میوه‌ها را تعیین می‌کند و همچنین دمای نگهداری میوه‌ها (۵ درجه سلسیوس) که سرعت تنفس را تعیین می‌کند، به وجود آمده باشد. لذا توصیه می‌شود، به منظور مشاهده اختلاف معنی دار بین سطوح مختلف نانوژئولیت از لحاظ خواص فیزیکی میوه‌های کیوی، بهتر است، به گونه ای، نسبت جرم میوه‌های کیوی به جرم نانوژئولیت مصرفی افزایش یابد.

نتیجه گیری

در این تحقیق با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل زمان و جرم بر میزان pH، میزان مواد جامد محلول و سفتی میوه و معنی دار نشدن اثر متقابل جرم و نانوژئولیت، نتیجه می‌شود که روند تغییر این خواص برای میوه‌های کوچک و بزرگ در طی زمان نگهداری متفاوت می‌باشد.

در ادامه به منظور بررسی امکان استفاده از نانوژئولیت پتاسیم پرمگنات به عنوان عامل هوشمند (نشانگر رسیدگی میوه با تغییر رنگ نانوژئولیت)، بین ویژگی‌های رنگ نانوژئولیت و خواص فیزیکی میوه کیوی آزمون همبستگی انجام شد که نتایج آن در جدول ۵ خلاصه شده است.

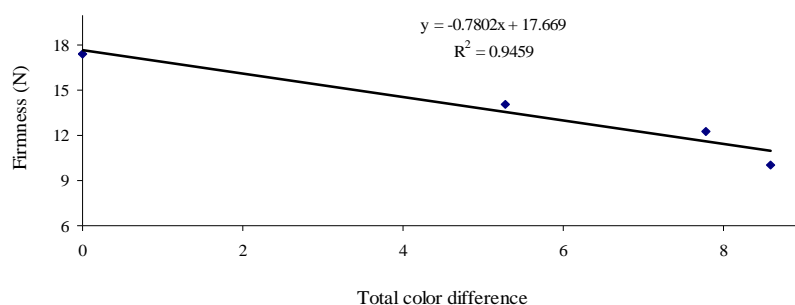
همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، ضرایب همبستگی پیرسون^۱ بین میزان سفتی میوه با متغیرهای اختلاف رنگ کل، کروما و زاویه هیو نسبتاً بالا می‌باشد. ولی در این میان علاوه بر اینکه بیشترین ضریب همبستگی مربوط به متغیر اختلاف رنگ کل می‌باشد، چون در رابطه اختلاف رنگ کل از هر سه مؤلفه رنگ (L, a, b) استفاده شده است (Nopwinyuwong *et al.*, 2010; Mortazavi *et al.*, 2008)، می‌تواند شاخص مناسب‌تری برای نشان دادن تغییرات رنگ باشد. هنگ و پارک در تحقیقی بین تغییر رنگ رنگدانه‌های شیمیایی (بروموکرزول و متیل) مورد استفاده و میزان pH کیمچی (نوعی غذای کره‌ای) وجود همبستگی را گزارش کردند (Hong and Park, 1999; Park and Jung, 2006). در ادامه به منظور بررسی ارتباط ویژگی‌های رنگ نانوژئولیت و سفتی میوه (شاخص رسیدگی)، بین متغیرها برازش منحنی صورت پذیرفت (شکل-۸) و روابط حاصله در جدول ۶ به طور خلاصه ارائه شده است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین متغیرها

Table 5- Correlation coefficients between variables

Variable	pH	MC	SSC	Firmness
L	-0.58	0.41	-0.61	0.63
H ^o	0.66	-0.57	0.71	-0.81
ΔE	0.68	0.58	0.76	0.83
C*	0.64	-0.61	0.68	-0.78

همان طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود برای سطوح مختلف نانوژئولیت و جرم میوه رابطه بین اختلاف رنگ کل و سفتی میوه با



شکل ۸- نمونه منحنی برازش شده بین مقادیر میانگین اختلاف رنگ کل و سفتی میوه

Fig.8. The sample of fitted curves between the mean values of total color difference and firmness

1- Pearson correlation coefficient

جدول ۶- برازش منحنی بین مقادیر میانگین ΔE ، زاویه هیو، کروما و سفتی میوهTable 6- Curve fitting between the mean values of ΔE , Hue angle, Chroma and Fruit Firmness

Nano-zeolite levels	Fruits Size	Y: Firmness x: C^*		Y: Firmness x: H^0		Y: Firmness x: ΔE	
		Y: Firmness x: C^*	R ²	Y: Firmness x: H^0	R ²	Y: Firmness x: ΔE	R ²
0.2	Small	Y= -2.9771x + 68.467	0.87	Y= -15.209x + 24.401	0.95	Y= -0.7802x + 17.669	0.94
0.2	Large	Y= -3.1259x + 72.162	0.77	Y= -16.016x + 26.094	0.93	Y= -0.8358x + 19.037	0.93
0.4	Small	Y= -3.5582x + 78.93	0.85	Y= -26.367x + 29.333	0.99	Y= -1.367x + 18.01	0.98
0.4	Large	Y= -3.83x + 84.944	0.84	Y= -31.221x + 33.198	0.97	Y= -1.5365x + 19.48	0.96
0.8	Small	Y= -3.6434x + 80.31	0.91	Y= -31.057x + 31.548	0.92	Y= -1.5237x + 17.904	0.93
0.8	Large	Y= -3.4198x + 77.735	0.91	Y= -32.1x + 33.222	0.85	Y= -1.5535x + 19.152	0.89

افزایش ماندگاری میوه‌ها، علاوه بر درجه‌بندی میوه‌ها از لحاظ جرم، از بالشتک‌های حاوی نانو زئولیت پتاسیم پرمنگنات نیز استفاده شود. همچنین با توجه به نتایج این تحقیق، اختلاف رنگ کل در طی زمان نگهداری در بین سطوح مختلف نانو زئولیت، برای سطح ۰/۲ گرم دارای بیشترین مقدار می‌باشد و نتایج حاصل از بررسی خواص مختلف میوه کیوی در هر زمان برای سطوح مختلف نانو زئولیت تغییرات معنی داری را نشان نمی‌دهد، لذا سطح ۰/۲ گرم نانو زئولیت با توجه به شرایط این تحقیق توصیه می‌شود.

ولی افزایش میزان نانو زئولیت بر خواص فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده برای جرم‌های مختلف میوه تأثیر معنی داری نداشته است. همچنین نتیجه شد که نمونه‌های دارای بالشتک نانو زئولیت نسبت به نمونه‌های فاقد بالشتک در طی نگهداری دارای سفتی بیشتری می‌باشند. بین تغییرات رنگ نانو زئولیت پتاسیم پرمنگنات (ΔE) به‌عنوان عامل هوشمند و میزان سفتی میوه کیوی (شاخص رسیدگی) برای جرم‌های مختلف و سطوح مختلف نانو زئولیت همبستگی خوبی مشاهده شد. لذا پیشنهاد می‌شود در زمان نگهداری میوه کیوی، به‌منظور

منابع

1. Abedini, J. 2009. Kiwifruit: Physiology and technology of the processing industries and storage principles of Kiwifruit at cold storage. Danesh-Negar Publications. (In Farsi).
2. Appendinia, P., and J. H. Hotchkiss. 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 3: 113-126.
3. Anonymous. 2008. Agricultural Statistics Reporting. Garden products. Iranian Ministry of Agriculture, Planning and Economic Affairs, Office of Statistics and Information Technology. (In Farsi).
4. Anonymous. 2009. Kiwi picture ID. Iranian Ministry of Agriculture, Plant Production Department, Office of fruits. (In Farsi).
5. Azeredo, H. M. C. D. 2009. Nanocomposites for food packaging applications. *Food Research International* 42: 1240-1253.
6. Bayan, M. 2011. The fruits also breathe. *Scientific information*. 20 (66). Available from: www.ettelaat.com/etHomeEdition/elmi/1/66.pdf. (In Farsi).
7. Chaves, M. A., R. C. F. Bonomo. A. A. L. Silva. L. S. Santos. B. M. A. Carvalho. T. S. Souza, G. M. S. Gomes, and R. D. Soares. 2007. Use of potassium permanganate in the sugar apple post-harvest preservation. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5 (5): 346-351.
8. Crisosto, C. H., D. Garner, and K. Saez. 1999. Kiwifruit postharvest quality maintenance guidelines. *Central Valley Post harvest Newsletter* 8(3): 1-11.
9. Emadpour, M., Y. Rezaii Kalaj, A. Omrani, A. Mohammadi, and B. Ghareyazie. 2008. Effect of ethylene hormone adsorbent nano-granular with zeolite substrates on the increased quality and quantity of storage of kiwi fruit (Hayward). *Iran International Zeolite Conference (IIZC'08)*. Iran. Tehran. (In Farsi).
10. Esguerra, E. B., J. R. Mendoza, and E. B. Pantastico. 1978. Regulation of fruit ripening. II. Use of perlite-KMnO₄ insert as an ethylene absorbent. *Phillipine Journal Science* 107: 23-31.
11. Farahnaky, A., and H. Afshari Jouybari. 2008. Evaluation of the potential of Photoshop software for colorimetry of foods and its comparison with Hunter colorimeter, case study: color changes of Mazafati rutabs during accelerated ripening. 18th National Congress on Food Technology. Mashhad. I. R. Iran. (In Farsi).

12. Fenton, G. A., and M. J. Kennedy. 1998. Rapid dry weight determination of kiwifruit pomace and apple pomace using an infrared drying technique. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 26: 35-38.
13. Ghanbari, m. 2002. Final report of the economic evaluation project of cultivation and production of the Kiwi fruit and review of its export potential in Iran. Institute of Planning and Agricultural Economic Researches. (In Farsi).
14. Golding, J., D. Shearer, S. Wyllie, and W. McGlasson. 1998. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. *Postharvest Biology and Technology* 14(1): 87-98.
15. Harker, F. R., and I. C. Hallett. 1994. Physiological and mechanical properties of kiwifruit tissue associated with texture change during cool storage. *Journal of the American society Horticulture science* 119: 987-993.
16. Harris, S., and B. McDonald. 1975. Physical data for kiwifruit (*Actinidia chinensis*). *New Zealand Journal of Science* 18: 307-312.
17. Hassani, F., M. javanmard, and F. grosi. 2010. Investigation of survival of kiwifruit coated with whey protein concentrate and rice bran oil. *Iranian Food Science and Technology* 6 (3): 158-167. (In Farsi).
18. Hertog, M. L. A. T. M., S. E. Nicholson, and P. B. Jeffery. 2004. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change of 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 31: 251-261.
19. Hong, S. I., and W. S. Park. 1999. Development of color indicators for kimchi packaging. *Food Science* 64 (2): 255-257.
20. Jayamaran, K. S., and P. S. Raju. 1992. Development and evaluation of a permanganate-based thylene scrubber for extending the shelf life of fresh fruite and vegetables. *J. Food Sci. Technol.* 29: 77-83.
21. Kerry, J., and P. Butler. 2008. Smart packaging technologies for fast moving consumer goods. John Wiley & Sons, Ltd. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England. ISBN: 978-0-470-02802-5.
22. Legood, P., and A. Clarke. 2006. Smart and active packaging to reduce food waste, Smart-mat. Knowledge Transfer Network. 32.
23. McGlone, V. A., R. B. Jordan, R. Seelye, and P. J. Martinsen. 2002. Comparing density and NIR methods for measurement of Kiwifruit dry matter and soluble solids content. *Postharvest Biology and Technology* 26:191-198.
24. Meidani, J., and S. A. Hashemi Dezfuli. 1997. *Postharvest Physiology*. Agricultural Education publication. 404. (In Farsi).
25. Mohammad, M., and R. J. Campbell. 1993. Quality change in lactan Gross Michel banana in sealed polyethylene bags with an ethylene absorbent. *Proc. Int. Soc. Trop. Horti. Santodomingo, Dominican Republic.* 37: 67-72.
26. Mortazavi, S. M. H., K. arzani, and M. Barzgar. 2008. Effect of time and temperature of the juice extraction on quality properties of date (borehi cultivar) at fresh date stage. *Research and Development in Agronomy and Horticulture.* 79: 186-193. (In Farsi).
27. Nopwinyuwong, A., S. Trevanich, and P. Suppakul. 2010. Development of a novel colorimetric indicator label for monitoring freshness of intermediate-moisture dessert spoilage. *Talanta.* 81: 1126-1132.
28. OECD, Standard. 1998. Guidance on objective tests for determining the ripeness of fruit. OECD Scheme for the Application of International Standards for Fruit and Vegetables.
29. Oh, S. Y., S. S. Shin, C. C. Kim, and Y. J. Lim. 1996. Effect of packaging films and freshness keeping on fruit quality of Yumyung peaches during MA storage. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 37: 781-786.
30. Park, Y. S, and S. T. Jung. 2006. Ethylene treatment of 'Hayward' kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae.* 108: 22-28.
31. Rezaii Kalaj, Y., B. Ghareyazie, M. Emadpour, and A. Omrani. 2009. Effect of the removal of ethylen hormone by potassium permanganate coated zeolite nanoparticles on the increased quality and quantity of Storage of iceberg lettuce (*Lactuca sativa L.*) and chinese cabbage (*Brassica pekinensis*) *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 15 (6): 1-11. (In Farsi).
32. Saneie Shariatpanahi, M. 1982. Morphology and physiology of fruit. Tehran University Publications. (In Farsi).

33. Sawada, T., Y. Seo, H. Morishima, K. Imou, and Y. Kawogoe. 1992. Studies on storage and ripening of kiwifruit. *Journal of Japanese Society of Agricultural Machinery* 54: 61-67.
34. Scott, K. J., J. Giugni, and J. M. C. C. Bailey. 1984. The use of polyethylene bags and ethylene absorbent to extend the life of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch) during cool storage. *Horticultural Science* 59 (4): 563-566.
35. Scott, K., W. McGlasson, and E. Roberts. 1970. Potassium permanganate as an ethylene absorbent in polyethylene bags to delay ripening of bananas during storage. *Austr. J. Exp. Agric. Animal Husb.* 10: 237-240.
36. Silva, D. F. P., L. C. C. Salomão, D. L. De Siqueira, P. R. Cecon, and A. Rocha. 2009. Potassium permanganate effects in postharvest conservation of the papaya cultivar Sunrise Golden. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44 (7): 669-675.
37. Vermeiren, L., F. Devlieghere, M. Van-Beest, N. De-Kruijf, and J. Debevere. 1999. Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science and Technology* 10: 77-86.
38. Wang, Y., A. J. Easteal, and X. D. Chen. 1998. Ethylene and oxygen permability through polyethylene packaging films. *Packaging Technology and Science* 11: 169-178.
39. White, A., H. N. D. Silva, C. Requejo-Tapia, and F. R. Harker. 2005. Evaluation of softening characteristics of fruit from 14 species of *Actinidia*. *Postharvest Biology and Technology* 35 (2): 143-151.
40. Wills, R. B. H., and M. A. Warton. 2004. Efficacy of potassium permanganate impregnated into alumina beads to reduce atmospheric ethylene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129 (3): 433-438.
41. Winch, T. 2006. *Growing food a guide to food production*. Published by Springer, Hereford, UK.
42. Yerex, D., and W. Haines. 1983. *The Kiwifruit Story*. Agricultural Publishing Associates, Masterton.