مقايسه پوشش‌هاي كيتوزان- رس و قارچ‌كش- واكس روي برخي ويژگي‌هاي كيفي پرتقال تامسون در حين انبارماني

ابراهيم تقي‌نژاد كفشگري[۱]، محمدهادي خوش تقاضا[۲]*، مازيار فقيه نصيري[۳] و محمدهادي موحدنژاد[۴]
[۱، ۲] دانشجوي كارشناسي ارشد، [۲] دانشيار، [۴] دانشجوي دكتري، دانشكده كشاورزي، دانشگاه تربيت مدرس،
[۳] عضو هيات علمي مركز تحقيقات و مركبات رامسر
(تاريخ دريافت: ۱۳۹۰/۷/۲۷- تاريخ تصويب: ۱۳۹۱/۲/۲)

چكيده

امروزه استفاده از پوشش‌هاي طبيعي به جاي پوشش‌هاي شيميايي به منظور افزايش كيفيت ماندگاري ميوه‌جات، مورد استقبال اكثر مصرف كنندگان دنيا قرار گرفته است. در اين تحقيق كيفيت پرتقال تامسون در قالب طرح فاكتوريل (۴×۳) با پوشش خوراكي نانو كامپوزيت كيتوزان- رس و پوشش شيميايي قارچ كش- واكس در مقايسه با نمونه بدون پوشش طي ۳ ماه انبارماني مورد ارزيابي قرار گرفت. نمونه‌هاي پرتقال در سردخانه با دماي ۵°C و رطوبت نسبي ۹۰-۸۵ درصد نگهداري شده و pH، اسيد قابل تيتر آب پرتقال، درصد كاهش وزن، نيروي برش پوست، نيروي شكست و ضريب كشساني ميوه طي دوره انبارماني اندازه‌گيري شد. نتايج نشان دهنده وجود تفاوت معني‌دار بين پوشش‌هاي مختلف روي تمامي صفات اندازه گيري شده، به جز حداكثر نيروي برش پوست ميوه بود ($p<0.01$). در ضمن تاثير زمان‌هاي مختلف انبارماني بر درصد كاهش وزن، نيروي برش پوست و شكست ميوه نيز معني‌دار بود ($p<0.01$). همچنين استفاده از پوشش كيتوزان- رس، ضمن كاهش تلفات از دست دادن آب ميوه نسبت به نمونه شاهد، به دليل افزايش pH آب ميوه، ايجاد حداكثر نيروي شكست و ضريب كشساني ميوه، موجب مقاومت ميوه به بيماري‌هاي قارچي شده و استحكام بافت دروني آن را حفظ و در كل از كاهش كيفيت ميوه جلوگيري كرد.

واژه‌هاي كليدي: مركبات، نانو ذرات، انبارماني، خواص مكانيكي، قارچ كش- واكس

مقدمه

مركبات از جمله ميوه‌هاي گرمسيري و نيمه گرمسيري هستند كه با سطح زير كشت حدود ۲۵۶ هزار هكتار و توليد حدود ۳/۹ ميليون تن در سال، مقام اول توليد محصول‌هاي باغي كشور ايران را دارا مي‌باشد (Anon., 2003). روش‌هاي مختلف فراوري پس از برداشت مانند شستشو، غوطه‌وري در آب داغ، تابش (اشعه گاما و ماورابنفش)، پوشش واكس، و قارچ كش‌هاي شيميايي، براي حفظ كيفيت پرتقال تامسون از نظر خواص دروني و بيروني ميوه استفاده مي‌شود (Yahya Zadeh, 2006).

فناوري نانو براي بهبود طعم و مزه محصولات غذايي مورد استفاده قرار مي‌گيرد كه با نگهداري آنها در بسته‌هاي نانويي مي‌توان مدت نگهداري آن‌ها را بالا برد (Anon., 2009). ValipourMotlagh *et al* (2008)، بسته‌هاي نانو ذرات نقره را با دو نوع از بسته‌هاي رايج پلي اتيلن، روي محصول زرشک مورد مقايسه قرار دادند. آن‌ها با توجه به مقاومت بسته‌هاي نانو ذرات نقره در مقابل نفوذ گازها از جمله اكسيژن و همچنين خاصيت ضد ميكروبي آن نتيجه گرفتند كه بسته‌هاي محتوي نانو ذرات نقره موجب افزايش كيفيت و ماندگاري محصول زرشک مي‌شود. مواد بسته نانويي[۱] روي كيفيت نگهداري عناب چيني[۲] در دماي اتاق مورد مطالعه قرار گرفت. نتايج نشان داد كه بسته‌هاي توليد شده توسط فناوري نانو در مقايسه با بسته‌هاي معمولي تاثير كاملاً مفيدي بر خواص فيزيكوشيميايي، كيفي و حسي در طي نگهداري اين محصول داشته است و موجب افزايش انبارماني عناب گرديد (Li *et al.*, 2009). در تحقيقي ديگر، تاثير گرانول‌هاي زئوليت حاوي پرمنگنات پتاسيم بر جذب هورمون اتيلن و افزايش عمر انبارماني و خصوصيات كيفي ميوه گيلاس (رقم تكدانه) مورد مطالعه قرار گرفت (Emadi *et al.*, 2009). بر اساس نتايج حاصل، استفاده از دستگاه جاذب اتيلن در مقايسه با عدم استفاده از دستگاه حاوي گرانول نانو جاذب اتيلن، تاثير معني‌داري در حفظ كيفيت ميوه در طي انبارداي داشت. به كارگيري پليمرهاي آغشته شده به نانو ذرات خاك رس در صنعت بسته بندي، موجب طولاني تر شدن زمان رسيدن هوا به محصولات كشاورزي شده و فساد آن را به تاخير مي‌اندازد (Jahanshahi, 2004).

* نويسنده مسئول: khoshtag@modares.ac.ir

1. Nano- Packing Material
2. Chinese jujube

ترکیب نانو کامپوزیت کیتوزان- رس ترکیبي از رس و کیتوزان مي‌باشد. کیتوزان از کتین مشتق مي‌شود و کتین یک بیوپلیمر است که خیلي زیاد در طبیعت یافت مي‌شود. براي توليدات تجاري از حلزون صدفدار گرفته مي شود (Galed *et al.*, 2004). از کیتوزان براي پوشش محصولاتي همچون نارنگي[1]، توت فرنگي و گیلاس استفاده شده است (Fornes *et al.*, 2005; Martınez-Romero *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2007). مطالعات بسیار زیادي در خصوص تاثیر نانو ذرات رس بر کاهش نفوذپذیري اکسیژن (Lotti *et al.*, 2008) و بخار آب (Jawahar and Balasubramanian, 2006) گزارش شده است که با استفاده از نانو ذرات رس در کیتوزان، نفوذپذیري ترکیب نانو کامپوزیت کیتوزان – رس به اکسیژن کمتر مي‌شود (Henriette Azeredo, 2009 &). بنابراین، نفوذپذیري اکسیژن و دي‌اکسیدکربن براي پوشش نانو کامپوزیت، در حد مناسبي نسبت به انواع دیگر پوشش‌ها قرار دارد(Gontard *et al.*, 1996). همچنین کنترل نفوذپذیري گاز اکسیژن، تاثیر بسیار زیادي در حفظ کیفیت میوه خواهد داشت (Mannheim & Soffer, 1996). بررسي‌هاي صورت گرفته نشان مي‌دهد که پوشش کیتوزان- رس (با غلظت کیتوزان ۲% و رس ۱%) کمترین نفوذپذیري به اکسیژن و بیشترین نفوذپذیري به دي اکسید کربن را در میان ترکیبات دیگر با درصدهاي مختلف رس و کیتوزان، دارا مي‌باشد (Casariego *et al.*, 2009).

استفاده از پوشش واکس عمر انبارماني مرکبات را افزایش داده (Chien *et al.*, 2007) و موجب بهبود ظاهر و جلوگیري از کاهش وزن آن‌ها مي‌شود (Chen & Nussinovitch, 2001). به خاطر مزایاي ذکر شده استفاده از پوشش واکس رایج بوده و مورد استقبال تاجران قرار دارد. اما بررسي‌هاي انجام شده در معایب استفاده از واکس نشان مي‌دهد که پوشش واکس موجب تغییر اتمسفر دروني میوه و تنفس بي هوازي در آن شده و در نتیجه اتانول تولید مي‌گردد (Davis *et al.*, 1973; Hagenmaier & Baker, 1994; Hagenmaier & Goodner, 2002). تنفس بي‌هوازي در مرکبات کاهش طعم میوه را به همراه خواهد داشت (Ahmad & Khan, 1987; Cohen *et al.*, 1990; Hagenmaier, 2002).

تاکنون از ترکیب نانو کامپوزیت کیتوزان- رس براي پوشش‌دهي مرکبات استفاده نشده است. با توجه به استقبال مصرف کنندگان کل دنیا از پوشش‌هاي طبیعي به جاي پوشش‌هاي شیمیایي و مواد غذایي با کیفیت بالا (Galed *et al.*, 2004) ، در این تحقیق میوه پرتقال با ترکیب کیتوزان- رس و قارچ‌کش- واکس پوشش داده شده و در مقایسه با نمونه شاهد (بدون پوشش) از لحاظ خواص شیمیایي، فیزیکي و مکانیکي مورد بررسي قرار گرفته است. از آنجایي که کیفیت دروني میوه بیشتر مد نظر مصرف کنندگان مي‌باشد بنابراین پوششي انتخاب خواهد شد که تاثیر نامطلوبي بر خواص کیفي دروني میوه نداشته باشد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۳۳۰ عدد میوه پرتقال تامسون ناول به صورت تصادفي از قطعه باغ موسسه تحقیقات و مرکبات کشور واقع در رامسر در دي ماه سال ۱۳۸۸ برداشت و تمامي میوه‌ها پس از شستشو با آب، توسط دستمال کاغذي خشک گردید. سپس میوه‌ها به سه دسته مساوي تقسیم‌بندي شده، که دسته اول با ترکیب نانوکامپوزیت کیتوزان- رس و دسته دوم با محلول قارچ کش- واکس پوشش داده شده و دسته سوم، نمونه شاهد (بدون پوشش) بود.

پوشش کیتوزان- رس از ترکیب رس۱%، کیتوزان۲% و ۱۵ سي‌سي توئین ۸۰[2] در یک لیتر آب مقطر تهیه گردید (Casariego *et al.*, 2009). کیتوزان مورد استفاده داراي وزن ملکولي پایین با درجه دي‌استیلیشن[3] ۸۵%، ساخت شرکت سیگما آلدریچ[4] کشور آمریکا و خاک رس مورد استفاده از نوع بنتونیت بوده که از شرکت خاک سفید علي‌گودرز تهیه گردید. همچنین از توئین ۸۰ ساخت شرکت سیگما آلدریچ آمریکا، با شماره تولید P8074 براي افزایش کشش سطحي ترکیب کیتوزان-رس استفاده شد. اندازه‌گیري فاصله لایه‌هاي رس براي تائید نانو کامپوزیت بودن ترکیب کیتوزان- رس، با آزمونXRD توسط دستگاه دیفراکتومتر مدل Miniflex Defractometer انجام گرفت (ShokohFar & Momeni, 2005). تنظیمات دستگاه دیفراکتومتر شامل تیوب FK60-04 با آند آهن در توان ۹۰۰W و فوکوس خطي با کالیبراسیون Gypsum طبق استاندارد BSEN13925 بود. نمونه به صورت یک صفحه در مقابل پرتو اشعه ایکس قرار گرفت و میزان 2θ و فاصله لایه‌اي تعیین گردید.

پوشش قارچ‌کش - واکس از ترکیب ۱ لیتر واکس کارنوبا[5] با ۳/۲۲ گرم قارچ کش اورتوفنول فنال[6] با درجه خلوص ۱۵/۵%

1. Mandarin

2. Tween 80
3. Degree of deacetylation
4. Sigma-Aldrich

۵. واکس کارنوبا ساخت شرکت فرانسوي XEDA است که از برگ درخت نخل برزیلي استخراج گردیده و از شرکت زیست پژوهان خاورمیانه (واقع در پارک فناوري دانشگاه تهران) خریداري گردید.

۶. میزان مصرف اورتوفنول فنال با درجه خلوص ۱۰۰ درصد، ۰/۵ گرم در هر لیتر واکس است (Taverner, 2001). ترکیب اورتوفنول فنال از شرکت زِیست پژوهان خاورمیانه خریداری گردید.

به دست آمد. پوشش دهي ميوه‌ها به روش غوطه وري و خشک شدن پوشش سطحي آن‌ها در داماي محيط انجام گرفت. سپس خواص شيميايي، فيزيكي و مكانيكي ميوه‌هاي پوشش داده شده به همراه نمونه شاهد، طي سه ماه نگهداري در سردخانه با داماي ۵°C و رطوبت نسبي ۸۵ تا ۹۰% (Obenland *et al.*, 2008) مورد بررسي قرار گرفت.

خواص شيميايي، فيزيكي و مكانيكي نمونه‌ها شامل اندازه‌گيري درصد كاهش وزن ، pH و اسيد قابل تيتر(TA[1]) آب ميوه، نيروي برش پوست، نيروي شكست و ضريب كشساني ميوه بود (Chien *et al.*, 2007; Baldwin *et al.*, 1995; Singh & Reddy, 2006). اين اندازه‌گيري‌ها در ابتداي زمان انبار و به فاصله هر ۳۰ روز دوره انبارماني در ٤ تكرار صورت گرفت. آب‌گيري ميوه، از ٤ عدد ميوه پرتقال در هر تكرار توسط آب ميوه گير دستي صورت گرفت و عصاره حاصل از هر تكرار با هم مخلوط گرديد. ميزان pH با استفاده از pH متر ديجيتال مدل Inolab pH 720 ساخت آلمان اندازه‌گيري شد. براي اندازه‌گيري اسيد قابل تيتر، سود يک دهم نرمال در حضور شناساگر فنل فتالئين، روي مخلوط ۱۰ ميلي‌ليتر از عصاره ميوه با ۲۰ ميلي‌ليتر آب مقطر تا ظهور رنگ صورتي روشن، تيتر گرديد. حجم سود مصرفي براي محاسبه اسيد قابل تيتر بر حسب اسيدغالب (اسيد سيتريک) در ۱۰۰ گرم آب ميوه طبق رابطه (۱) استفاده شد (AOAC, 1995):

(۱) حجم سود مصرفي×۰/ ۰۶۴ = %TA

اندازه‌گيري وزن ميوه توسط ترازوي ديجيتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شده و درصد كاهش وزن ميوه نسبت به زمان اوليه از رابطه (۲) به دست آمد:

(۲)

درصد كاهش وزن= (وزن اوليه ميوه-وزن ثانويه)/(وزن اوليه ميوه)×۱۰۰

خواص مكانيكي ميوه توسط دستگاه آزمون مواد، مدل H50 K-S، ساخت شركت هانسفيلد كشور انگلستان با سرعت ۶۰mm/min اندازه‌گيري شد. براي انجام آزمون برش، يک تكه پوست پرتقال به ابعاد ۳×۳ سانتي‌متر از ميوه توسط چاقو جدا شده و سپس آن را بين دو صفحه آلومينيومي به ابعاد ۳×۳ سانتي‌متر قرار داده و دو صفحه توسط پيچ محكم گرديد. در مركز صفحات آلومينيومي، سوراخي به قطر ۲/۶۰ cm تعبيه شده كه بعد از قرار گرفتن پوست ميوه بين دو صفحه، استوانه فولادي لبه تيز به قطر ۲/۵۴ cm به سمت سوراخ حركت كرده و موجب برش پوست شد. قابل ذكر است كه پس از اتصال استوانه فولادي به لودسل دستگاه آزمون مواد، نيروي حركتي به آن توسط دستگاه اعمال مي‌گردد. (Fidelibus *et al.*, 2002). براي آزمون نيروي شكست، ميوه بين دو صفحه ثابت و متحرک قرار گرفته و صفحه متحرک به لودسل دستگاه متصل است. با حركت صفحه متحرک به سوي صفحه ثابت، ميوه تحت نيروي فشاري شكسته مي‌شود (Singh & Reddy, 2006).

براي محصولات با انحناء سطح كه در بين دو صفحه تخت موازي تحت بارگذاري قرار گرفته است ضريب كشساني از رابطه (۳) محاسبه مي‌شود (Mohsenin, 1986):

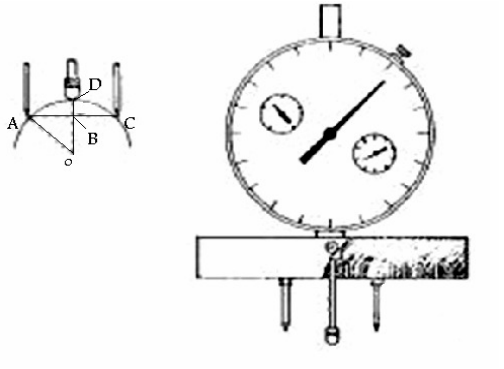
$$E=\frac{0.530F(1-\mu^2)}{D^{3/2}}\left[\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_1'}\right)^{1/3}+\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_2'}\right)^{1/3}\right]^{3/2} \quad (۳)$$

در معادله فوق، E ضريب كشساني (N/m^2)، D تغيير شكل (m)، μ ضريب پواسون، F نيروي وارده (N) ، R_1 و R_1' به ترتيب شعاع‌هاي انحناء كمينه و بيشينه جسم محدب در نقاط تماس (m) با فک متحرک و R_2 و R_2' به ترتيب شعاع‌هاي انحناء كمينه و بيشينه ميوه در نقاط تماس با فک ثابت (m) مي‌باشد (Mohsenin, 1986).

براي اندازه‌گيري شعاع انحناي ميوه از انحناء سنج استفاده شد (شكل۱). اين ابزار شامل دو پاية ثابت (در طرفين) و يك پاية غير ثابت است كه به يك سنجة عقربه‌اي فاصله (جابه جايي سنج)، متصل شده و ميزان جابه جايي پاية وسط را نشان مي‌دهد و دقت آن ۰/۰۱ ميلي‌متر مي‌باشد. با اندازه‌گيري ميزان جابه جايي پايه وسط در دو جهت قطر كوچك و قطر بزرگ و رابطه (٤)، شعاع انحناء هر نمونه محاسبه شد(ASAE, 2002).

$$R=\frac{(AC)^2}{8(BD)}+\frac{(BD)}{2} \quad (۴)$$

در اين رابطه، R شعاع انحناء (mm)، AC فاصله دو پاية ثابت (برابر با ۲۰mm)، BD ميزان جابه‌جايي پاية وسط(mm).



شكل ۱- انحناء سنج **(ASAE, 2002)**

1. Titratable acidity

مقدار ضريب پواسون از حداكثر مقدار خود يعني ۰/۵ براي مواد نسبتاً غير قابل تراكم تا صفر براي موادي كه به سادگي قابل تراكم هستند، تغيير مي‌كند. موادي كه تخلخل بيشتري دارند، معمولاً مقدار ضريب پواسون كوچكتري دارند. پرتقال داراي نسبت پواسون، ۰/۳۷ است (Pallottino *et al.*, 2010).

تاثير نوع پوشش طي انبارماني بر خواص كيفي پرتقال توسط آزمايش فاكتوريل (٤×٣) با ٤ تكرار در قالب طرح كاملاً تصادفي مورد بررسي قرار گرفت. تجزيه و تحليل داده‌ها توسط نرم افزار SPSS، مقايسه ميانگين‌ها با آزمون دانكن و رسم نمودار ها توسط نرم افزارExcel 2003 صورت گرفت.

نتايج و بحث

نانو كامپوزيت بودن تركيب كيتوزان- رس

بر اساس تحقيق Kabiri *et al* . (2007)، فاصله خاک رس از نوع بنتونيت ۱۲ آنگستروم بوده است. اما با استفاده از آزمون XRD طبق شكل (۲)، زاويه 2θ حدود ۷ درجه مي‌باشد، كه اين زاويه معادل فاصله ۱۵/۸۵ آنگستروم بين لايه‌هاي رس موجود در تركيب كيتوزان- رس است. فاصله به دست آمده بين لايه‌هاي رس با نتايج Darder *et al.* (2003)، سازگار است. آن‌ها براي رس فاصله لايه‌اي را ۱۲ آنگستروم و فاصله لايه‌هاي رس در نانوكامپوزيت كيتوزان-رس (كيتوزان۲% و رس۱%) را ۱۳/۴ و ۲۰ آنگستروم بيان نموده‌اند. بنابراين تركيب كيتوزان – رس توليد شده، نانوكامپوزيت بوده است.

pH آب ميوه

مقايسه ميانگين pH آب ميوه بين پيش تيمارهاي مختلف در هر دوره انبارماني (حروف كوچک)، توسط آزمون دانكن در جدول (۱) نشان داده شده است. pH نمونه با پوشش كيتوزان- رس، به طور معني داري بيشتر از دو پوشش ديگر در دوره‌هاي مختلف انبارماني مي‌باشد ($p<0.05$). همچنين روند تغييرات pH براي تمامي پيش تيمارها (حروف بزرگ) در دوره‌هاي صفر و ۳۰ روز معني دار نبوده، اما براي دوره هاي ۶۰ و ۹۰ روز نسبت به دوره‌هاي قبل، در سطح ۵% معني دار بوده است.

جدول ۱- اثر زمان نگهداري و نوع پوشش بر پارامترهاي شيميايي و فيزيكي ميوه تامسون

نوع پوشش	زمان انبار ماني(روز)			
	صفر	۳۰	٦۰	۹۰
	pH آب ميوه			
كيتوزان- رس	۳/۲۹ ^{aA}	۳/۳٤ ^{aA}	۳/۵۳ ^{aB}	۳/۶۳^{aB}
فارچ كش- واكس	۳/۲۹ ^{aA}	۳/۲٦ ^{bA}	۳/٤۱ ^{abB}	۳/۴۸^{cB}
بدون پوشش	۳/۲۹ ^{aAB}	۳/۲۱ ^{bA}	۳/۳۵ ^{bB}	۳/۵۱^{bcC}
	اسيد قابل تيتر (در صد گرم بر حسب اسيد سيتريک)			
كيتوزان- رس	۱/۵۱^{aA}	۱/۵۱^{aAB}	۱/۴۰^{cAB}	۱/۳٦^{bB}
فارچ كش- واكس	۱/۵۱^{aA}	۱/۵۴^{aAB}	۱/۶۱^{aBC}	۱/۶۵^{aC}
بدون پوشش	۱/۵۱^{aA}	۱/۵۶^{aA}	۱/۴۹^{bcA}	۱/۴۴^{bA}
	درصد كاهش وزن			
كيتوزان- رس	۰/۰۰^{aA}	۳/۵۵^{bB}	۶/۵۱^{bC}	۹/۸۵^{bD}
فارچ كش- واكس	۰/۰۰^{aA}	۲/۵۱^{aB}	۴/۰۸^{aC}	۵/۶۹^{aD}
بدون پوشش	۰/۰۰^{aA}	۴/۱۷^{cB}	۷/۸۱^{cC}	۱۲/۱۳^{cD}

ميانگين‌هاي داراي حرف مشترک بزرگ در هر رديف وميانگين‌هاي داراي حرف مشترک كوچک در هر ستون از نظر آماري معني‌دار نمي‌باشند.

تغييرات مقدار pH آب ميوه با گذشت زمان انبارماني روند افزايشي دارد كه با نتايج Aryan Poya *et al.* (2008) سازگار است. آن ها با استفاده از بسته بندي با اتمسفر تغيير يافته (*MAP*[1]) ميوه آلبالو در طي فرآيند انبارماني به اين نتيجه رسيد كه مقادير pH و قند آب ميوه طي دوره انبارماني افزايش مي‌يابد. محدوده‌ي تغييرات pH اندازه گيري شده (۳/۲۱ تا ۳/۶۹) در اين تحقيق، با نتايج Martin-Diana *et al.* (2009) سازگار بوده كه آن ها با استفاده از غلظت‌هاي مختلف كيتوزان براي پوشش دهي پرتقال استفاده كرده‌اند و نتيجه گرفتند كه محدوده تغييرات pH پرتقال در طي انبارداري بين ۳/۲ و ٤/۲ بوده است. هر چه pH آب ميوه در سطح پايين‌تري باشد هجوم بيماري قارچي بيشتر خواهد بود (Rahemi, 1998). بنابراين بالا بودن pH آب ميوه براي نمونه با پوشش كيتوزان- رس، مقاومت آن را نسبت به حملات قارچي در مقايسه با پيش تيمارهاي

1. Modified atmosphere packaging

ديگر افزايش داده و در نتيجه كيفيت خوراكي ميوه بيشتر حفظ خواهد شد.

اسيد قابل تيتر(**TA%**) آب ميوه (اسيد كل)

تاثير پوشش و زمان انبارماني و اثر متقابل آن‌ها بر مقدار اسيد كل در سطح ۱% معني دار بود. از جدول (۱) كه اثرات اصلي زمان انبارماني بر مقايسه ميانگين اسيد قابل تيتر آب ميوه (TA%) پرتقال تحت دو پوشش در دوره‌هاي مختلف انبارماني را نشان مي‌دهد (حروف كوچک)، مي‌توان نتيجه گرفت كه بين اسيد قابل تيتر آب ميوه با دو پوشش كيتوزان- رس و شاهد در دوره‌هاي مختلف نگهداري اختلاف معني‌داري وجود ندارد. مقدار اسيد قابل تيتر با گذشت زمان براي نمونه با پوشش كيتوزان- رس به طور معني دار و نمونه شاهد به طور غير معني‌داري كاهش يافته (حروف بزرگ). اما اختلاف مقدار اسيد قابل تيتر آب ميوه با پوشش قارچ كش- واكس در دوره ۶۰ و ۹۰ روز در مقايسه با دو پوشش ديگر در سطح ۵% معني دار بود و مقدار آن در دوره انبارماني افزايش يافت(حروف كوچک). روند كاهشي مقدار اسيد قابل تيتر آب ميوه با پوشش كيتوزان- رس (۱/۵۱ به ۱/۳۶) و نمونه شاهد(۱/۵۱ به ۱/۴۴)، معني دار نبود اما مقدار اسيد قابل تيتر آب ميوه با پوشش قارچ كش- واكس (۱/۵۱ به ۱/۶۵) در دوره‌هاي مختلف انبارماني يک روند افزايشي معني‌داري داشت (حروف بزرگ). كاهش مقدار اسيد براي دو نمونه شاهد و كيتوزان- رس با نتايج El- Zeftawi (1976) مطابقت دارد. او با نگهداري پرتقال در سردخانه نتيجه گرفت كه در دوره انبارماني مقادير اسيد كاهش يافته و بر مقدار قند افزوده مي شود. افزايش در مقدار اسيد براي ميوه با پوشش قارچ كش- واكس با نتايج Supraditareporn & Pinthong (2007) مطابقت دارد، آنها با به وجود آوردن تغييرات ميكروبيولوژيكي در دوره انبارماني پرتقال، ميزان اسيد قابل تيتر را به دست آوردند و نتيجه گرفتند كه مقدار آن در طول دوره نگهداري پرتقال افزايش يافته و در نتيجه پديده تخمير اتفاق مي‌افتد. بنابراين پوشش قارچ كش- واكس به علت افزايش معني‌دار در مقدار اسيد آب ميوه و ايجاد تخمير در ميوه به عنوان پوشش مناسب نخواهد بود و پوشش كيتوزان- رس توانسته، مقادير اسيد قابل تيتر آب ميوه را نسبت به نمونه شاهد حفظ كند.

درصد كاهش وزن

در سطح احتمال ۱% تاثير زمان انبارماني، پوشش، و اثر متقابل آن ها بر درصد كاهش وزن معني‌دار بوده است. در جدول (۱) اثرات اصلي زمان انبارماني در پوشش‌هاي مختلف بر كاهش وزن ميوه پرتقال نشان داده شده كه در سطح ۵% روند تغييرات مقادير كاهش وزن نمونه‌ها براي تمامي پوشش‌ها در دوره‌هاي ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز معني دار بوده است (حروف بزرگ). همچنين مقادير كاهش وزن نمونه‌ها در هر دوره انبارماني بين پوشش‌هاي مختلف اختلاف معني‌داري داشته‌اند(حروف كوچک). در انتهاي انبارماني بيشترين (۱۲/۱۳) و كمترين (۵/۶۹) درصد كاهش وزن به ترتيب مربوط به نمونه شاهد و پوشش قارچ كش- واكس مي‌باشد.

كاهش وزن ميوه در اثر از دست رفتن آب از پوست آن و يا تغييرات بيولوژيكي در آن اتفاق مي‌افتد. كاهش سريع محتواي آب در ميوه، شاخص خوبي براي پيري آن مي‌باشد (Rahemi, 1998). ميزان تنفس با عمر انبارماني ميوه‌ها رابطه معكوسي دارد، هر چه ميزان تنفس ميوه كمتر باشد عمر انبارماني آن بيشتر خواهد بود، اما اگر اكسيژن كافي براي ادامه سوخت و ساز به صورت هوازي موجود نباشد، موجب تخمير در ميوه خواهد شد. در اين حالت درصد كاهش وزن خيلي پايين خواهد بود زيرا درصد كاهش وزن به تبادل رطوبتي به محيط و ميزان تنفس بستگي دارد (Rahemi, 1998). بنابراين، پايين بودن درصد كاهش وزن در ميوه با پوشش قارچ كش- واكس با توجه به نتايج خواص شيميايي آب ميوه بيان گر كيفيت مناسب اين ميوه نخواهد بود. مقدار كاهش وزن ميوه با استفاده از پوشش كيتوزان- رس در دوره‌هاي مختلف نگهداري، به طور معني‌داري كمتر از نمونه شاهد مي‌باشد (جدول ۱) زيرا ميزان تنفس به خاطر وجود رس در تركيب پايين آمده (Adame & Beall, 2009) و از كاهش وزن ميوه جلوگيري به عمل آورده است.

حداكثر نيروي برش پوست ميوه

زمان انبارماني و اثر متقابل زمان × پوشش بر حداكثر نيروي برش پوست در سطح ۱% معني دار بوده اما تاثير پوشش بر حداكثر نيروي برش پوست معني دار نبوده است. در جدول ۲، اثر هر پوشش بر مقدار حداكثر نيروي برش پوست ميوه پرتقال در دوره هاي مختلف انبارماني (حروف بزرگ)، همچنين در هر دوره انبارماني اثر پوشش بر حداكثر نيروي برش پوست ميوه پرتقال (حروف كوچک) با آزمون دانكن نشان داده شده است. مقدار نيروي برش با گذشت زمان انبارماني كاهش مي‌يابد و اين كاهش فقط براي نمونه با پوشش كيتوزان- رس در دوره ۹۰ روز نسبت به دوره‌هاي قبل در سطح ۵% معني‌دار شده است (حروف بزرگ).به عبارت ديگر استفاده از پوشش، مدت زمان كاهش نيروي انهدام در برش پوست پرتقال را به تاخير مي‌اندازد. اختلاف در ضخامت پوست تاثير چنداني بر نيروي انهدام برش پوست ندارد (Fidelibus, *et al.*, 2002). كمترين

حصار سلولي مواد به ازاي حجم بافت و كمترين سطح تماس بين سلول‌ها را فضاي بين سلولي گويند. هر دو فاكتور موجب كاهش مقاومت به نيروي برش مي‌شود (Harker, *et al.*, 1997). بنابراين پوست ميوه شاهد با كمترين مقاومت به نيروي برش، سطح تماس بين سلول‌هاي آن كمتر بوده و يا به عبارت ديگر كاهش رطوبت پوست ميوه شاهد، داراي بيشترين مقدار مي‌باشد. زيرا به نظر مي‌رسد كمترين سطح تماس بين سلول‌هاي پوست، به خاطر از دست دادن رطوبت از آن مي‌باشد.

جدول ۲- اثر زمان نگهداري و نوع پوشش بر پارامترهاي مكانيكي ميوه پرتقال

نوع پوشش	زمان نگهداري(روز)			
	صفر	۳۰	٦۰	۹۰
	مقدار نيروي برش پوست ميوه (نيوتن)			
كيتوزان- رس	٦۷/۵۹ aA	٦۳/۵۷ aA	۵۹/۰۵ aAB	٤٦/۰۸ aB
فارچ كش- واكس	٦۷/۵۹ aA	۵۷/۳۹ aAB	٤۷/۸۷ abBC	۳۹/۲٤ aC
بدون پوشش	٦۷/۵۹ aA	۵۳/۵۸ aB	٤۵/۳٤ bBC	۳٦/۳۳ aC
	نيروي شكست ميوه(نيوتن)			
كيتوزان- رس	۲۳۵/۸۵aA	۲۱۰/۸۸aA	۱۹۹/۴۹aA	۱۹۷/۳۱aA
فارچ كش- واكس	۲۳۵/۸۵aA	۱۴۹/۶۴bB	۱۴۰/۵۳bB	۱۲۶/۴۸bB
بدون پوشش	۲۳۵/۸۵aA	۱۴۴/۹۹bB	۱۴۴/۷۶bB	۱۳۲/۷۹bB

ميانگين‌هاي داراي حرف مشترک بزرگ در هر رديف و ميانگين‌هاي داراي حرف مشترک كوچک در هر ستون از نظر آماري معني‌دار نمي‌باشند.

حداكثر نيروي شكست

تاثير زمان انبارماني و پوشش بر حداكثر نيروي شكست ميوه در سطح ۱% معني‌دار بوده، اما اثر متقابل زمان×پوشش بر حداكثر نيروي شكست ميوه در سطح ۵% معني‌دار نبود. جدول ۲، اثر هر زمان ماندگاري بر حداكثر نيروي شكست ميوه پرتقال تحت تاثير پوشش‌هاي مختلف را نشان مي‌دهد (حرف كوچک) كه بين مقادير نمونه با پوشش فارچ كش- واكس و شاهد اختلاف معني‌داري وجود ندارد اما مقادير اين نيرو در نمونه با پوشش كيتوزان- رس نسبت به نمونه‌هاي ديگر اختلاف معني داري را در سطح ۵% دارا مي‌باشد و مقادير آن به طور معني داري بيشتر از پوشش ديگر و شاهد است. بعد از پايان زمان نگهداري (۹۰ روز)، مقدار نيروي شكست براي نمونه با پوشش كيتوزان-رس ۱۶/۳۴% (به طور غير معني‌دار)، نمونه شاهد ۴۳/۶۹% و براي نمونه با پوشش فارچ كش-واكس، ۴۶/۳۷% (به طور معني‌دار)، نسبت به زمان صفر، كاهش مي‌يابد. مقدار حداكثر نيروي فشار شكست، سفتي ميوه را نشان مي‌دهد، بنابراين با گذشت زمان انبارماني از مقدار سفتي ميوه كاسته مي‌شود كه با نتايج Fidelibus *et al* (2002) مطابقت دارد. اين كاهش در نمونه با پوشش كيتوزان- رس نسبت به نمونه‌هاي ديگر خيلي ناچيز بوده و اختلاف معني‌داري نداشته (حروف بزرگ) و در نتيجه پوشش كيتوزان- رس تاثير چشمگيري در حفظ سفتي بافت ميوه پرتقال داشته است. بنابراين استفاده از پوشش نانويي بر سطوح پرتقال موجب حفظ، استحكام بافت دروني ميوه مي‌شود.

ضريب كشساني پرتقال

طبق شكل (۳)، مقادير ضريب كشساني در نمونه با پيش تيمار كيتوزان-رس در تمام دوران انبارماني بيشتر از بقيه نمونه‌ها بوده و با افزايش مدت انبار، ميزان ضريب كشساني ميوه پرتقال در همه نمونه‌ها كاهش يافته است. علت اين كاهش به دليل كاهش مقاومت مكانيكي نمونه‌ها در طي انبار است كه نتايج نيروي برش و نيروي شكست موید آن است. همچنين اين مسئله مي‌تواند به دليل كاهش نيروي چسبندگي بين سلول‌ها و ميزان نشاسته موجود در ميوه در طي انبارداري باشد (Harker and hallett, 1994). معادله‌هاي ۵ تا ۶، مدل تغييرات ضريب كشساني نسبت به زمان انبارداري براي نمونه‌هاي مورد آزمايش را نشان مي‌دهد:

نمونه شاهد:

$$E = -166.4t + 57.233 \qquad R^2 = 0.98 \qquad (۵)$$

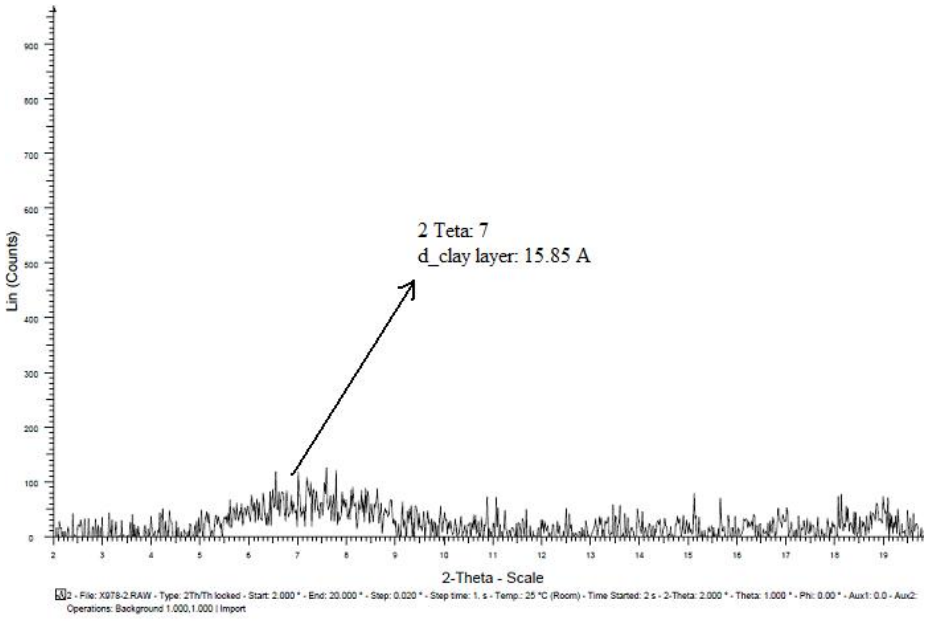
نمونه كيتوزان- رس:

$$E = -37.6t + 57.623 \qquad R^2 = 0.90 \qquad (۶)$$

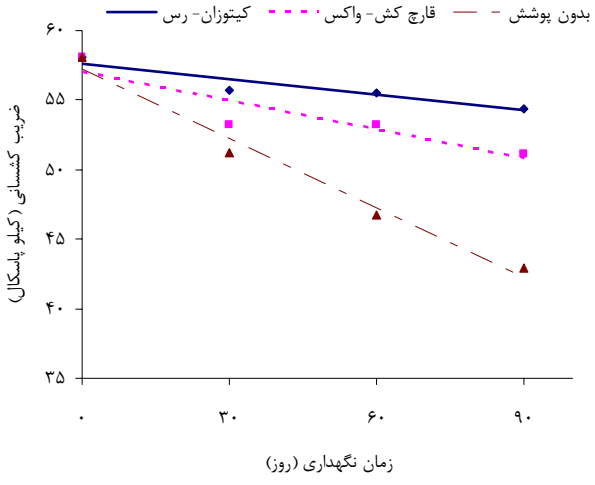
نمونه فارچ كش- واكس:

$$E = -69.2t + 57.038 \qquad R^2 = 0.84 \qquad (۷)$$

در اين روابط، E ضريب كشساني ميوه بر حسب كيلو پاسكال و t زمان انبارماني بر حسب روز مي‌باشد. طبق معادله‌هاي ۵، ٦ و ۷ مقدارضريب كشساني ميوه پرتقال با گذشت زمان كاهش مي‌يابد كه اين معادله با نتايج گزارش شده Fidelibus *et al* (2002)، كه بر روي پرتقال والنسيا صورت گرفته، سازگار مي‌باشد. به عبارت ديگر، هر چه از زمان نگهداري



شكل ۲- نمودار **XRD** از نمونه نانوكامپوزيت كيتوزان رس (كيتوزان ۲% و رس ۱%)



شكل ۳- مقادير ضريب كشساني ميوه ها با پوشش هاي مختلف طي دوره نگهداري

ميوه بگذرد، ضريب كشساني آن كاهش مي‌يابد. بنابر اين ميوه با پيش تيمار كيتوزان-رس به خاطر داشتن ضريب كشساني بالاتر نسبت به بقيه نمونه‌ها، استحكام بيشتري خواهد داشت.

نتيجه گيري

نمونه با پوشش قارچ كش- واكس به علت افزايش در مقدار اسيد قابل تيتر و در نتيجه ايجاد پديده تخمير و كاهش در حداكثر نيروي شكست ميوه، به ترتيب از نظر خوراكي و استحكام بافت دروني يک پوشش نامناسب مي‌باشد. ميوه با پوشش كيتوزان-رس به علت كاهش بسيار اندک در حداكثر نيروي شكست ميوه (۱۶/۳۴%)، pH و ضريب كشساني بالاتر، درصد كاهش وزن پايين‌تر (۹/۸۵%) نسبت به نمونه شاهد (۱۲/۱۳%)، تاثير مهمي در حفظ كيفيت، استحكام بافت دروني و كاهش تلفات آب ميوه بعد از ۹۰ روز نگهداري داشته است. بنابراين استفاده از پوشش نانوكامپوزيت كيتوزان-رس تاثير بسزايي در حفظ كيفيت دروني ميوه داشته است.

سپاسگزاري

از موسسه تحقيقات مركبات كشور (رامسر) به خاطر همكاري در آزمايش‌هاي كيفي و تهيه ميوه، تشكر و سپاسگزاري مي شود.

REFERENCES

Adame, D., & Beall, G. W. (2009). Direct measurement of the constrained polymer region in polyamide/clay nanocomposites and the implications for gas diffusion. *Applied Clay Science*, 42(3-4), 545–552.

Ahmad, M., & Khan, I., (1987). Effect of waxing and cellophane lining on chemical quality indices of citrus fruit. *Plant Foods Human Nutr. (Formerly Qualitas Plantarum)*, 37(1), 47–57.

Anonymous. (2003). *Letter statistics of agricultural agronomic year 2002-3*. Volume 1. Statistics and Information Department, Ministry of Agriculture. (in Farsi)

Anonymous. (2009). *Need to evaluate the possible risks of Nano-materials in food industry.* Retrieved April, 12, 2009, from http://www.ksna.ir/health-scince/2117-nanotechnology-and-molecular-imaging.htmlFD. (in Farsi)

AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis*(16th ed). AOAC International, Washington, DC.

Aryan Poya, Zh., Davari Nezhad, Gh., Sedaghat, N. & Atar. E. (2008). Investigation of Etphon spraying Effect and variable atmosphere packaging (MAP) on quality characteristics of Hungarian cherry fruit. *18 National Congress of Food Technology*, Mashhad University. (in Farsi)

ASAE. (2002). ASAE Standard, S368.4: *Compression test of food materials of convex shape*. St Joseph, MI, U.S.A. .

Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M., Shaw, P.E. & Burns, J.K. (1995). Effect of coatings and prolonged storage conditions on fresh orange flavor volatiles, degrees brix and ascorbic acid levels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 43(5), 1321-1331.

Casariego,A., Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Teixeira, J.A., Cruz, L. Diaz, R. & Vicente, A.A. (2009). Chitosan/clay films' properties as affected by biopolymer and clay micro/nanoparticles' concentrations. *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1895–1902.

Chen, S. & Nussinovitch, A. (2001). Permeability and roughness determinations of wax-hydrocolloid coatings, and their limitations in determining citrus fruit overall quality. *Food Hydrocolloids*, 15(2), 127-137.

Chien, P. J., Sheu, F. & Lin, H. R. (2007). Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chemistry*, 100(3), 1160–1164.

Cohen, E., Shalom, Y. & Rosenburger, I. (1990). Postharvest ethanol buildup and off-flavor in 'Murcott' tangerine fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 115(5), 775–778.

Darder, M., Colilla, M. & Ruiz-Hitzky, E. (2003). Biopolymer-Clay Nanocomposites Based on Chitosan Intercalated in Montmorillonite. *Chemistry Material,* 15(20), 3774-3780.

Davis, P. L., Roe, B. & Bruemmer, J. H. (1973). Biochemical changes in citrus fruits during controlled-atmosphere storage. *Journal of Food Science*, 38(2), 225-229.

El-Zeftawi, B.M. (1976). Cool storage to improve the quality of Valencia oranges. *Journal of Horticultural Science*, 51(3),411–418.

Emadi, M., GharehYazy, B., RezaeiKolaj, Y., Omrani, A. & Mohammadi, E. (2009). Effect of nano-zeolite granules with Potassium Permanganate in absorption of ethylene hormone and increasing of storage life and fruit quality characteristics of sweet cherry. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 10 (1), 11-26. (in Farsi)

Fidelibus, M.W., Teixeira,A.A. & Davis, F.S. (2002). Mechanical properties of orange peel and fruit treated pre- harvest with Gibberellic acid. *American Society of Agricultural Engineers,* 45(4), 1057-1062.

Fornes, F., Almela, V., Abad, M. & Manuel Agusti, M. (2005). Low concentrations of chitosan coating reduce water spot incidence and delay peel pigmentation of Clementine mandarin fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(7), 1105–1112.

Galed, G., Fernandez-Vall.M.E., Martinez,A. & Heras, A. (2004). Application of MRI to monitor the process of ripening and decay in citrus treated with chitosan solutions. *Magnetic Resonance Imaging*, 22(1), 127-137.

Gontard, N., Thibault, R., Cuq, B. & Guilbert, S. (1996). Influence of relative humidity and film composition on oxygen and carbon dioxide permeabilities of edible films. Journal *of Agricultural and Food Chemistry*, 44(4), 1064–1069.

Hagenmaier, R. & Goodner, K. (2002). Storage of 'Marsh' grapefruit and 'Valencia' oranges with different coatings. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, 115(1), 303– 308.

Hagenmaier, R.D. & Baker, R.A. (1994). Internal gases, ethanol content and gloss of citrus fruit coated with polyethylene wax, carnauba wax, shellac or resin at different application levels. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, 107(1), 261–265.

Hagenmaier, R.D. (2002). The flavor of mandarin hybrids with different coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 24(1), 79–87.

Harker, F., Redgwell, R., Hallett, I., Murray, S. & Carter, G. (1997). *Texture of fruit flesh. Horticultural Reviews*, Volume 20, John Wiley & Sons, Inc., Oxford, UK..

Henriette M.C. & Azeredo. D. (2009). Nanocomposites for food packaging applications. *Food Research International*, 42(9), 1240–1253.

Jahanshahi, M. (2004). *Applications classified of Nanotechnology in the biotechnology category.* Retrieved May 10, 2004, from http://www.irannano.org. (in Farsi)

Jawahar, P. & Balasubramanian, M. (2006). Preparation and properties of polyesterbased

nanocomposite gel coat system. *Journal of Nanomaterials*, Volume 2006, Article ID 21656, 1-7.

Kabiri, K., Mirzadeh, H. & Zohouriaan-mehr, M. (2007). Highly Rapid Preparation of a Bio-modified Nanoclay with Chitosan. *Iranian Polymer Journal*, 16(3), 147:151.

Li, H., Li, F., Wang, L., Sheng, J., Xin, Z., Zhao, L., Xiao, H., Zheng, Y. & Hu, Q. (2009). Effect of nano- packing on preservation quality of Chinese jujube (Ziziphus jujube Mill. Var. inermis (Bunge) Rehd). *Food Chemistry*, 114(2), 547-552.

Lotti, C., Isaac, C. S., Branciforti, M. C., Alves, R. M. V., Liberman, S. & Bretas, R. E. S. (2008). Rheological, mechanical and transport properties of blown films of high density polyethylene nanocomposites. *European Polymer Journal*, 44(5), 1346–1357.

Mannheim, C.H. & Soffer.T. (1996). Permeability of different wax coatings and their effect on citrus fruit quality. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 44(3), 919-923.

Martin-Diana, A. B., Rico, D., Barat, J.M. & Barry-Ryan, C. (2009). Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf-life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 10(4),590–600.

Martinez -Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J. M., Guillen, F., Castillo, S. & Valero, D. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 93–100.

Mohsenin, N. N. (1986). *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers. New york.

Obenland, D., Collin, S., Sievert, J., Fjeld, K., Doctor, J. & Arpaia, M. L. (2008). Commercial packing and storage of navel oranges alters aroma volatiles and reduces flavor quality. *Postharvest Biology and Technology*, 47(2), 159–167.

Olmo, M., Nadas, A., & Garcia, J. M. (2000). Nondestructive methods to evaluate maturity level of oranges. *Journal of Food Science*, 65(2), 365–369.

Pallottino, F., Costa, C., Menesatti, P. & Moresi, M. (2011). Assessment of the mechanical properties of Tarocco orange fruit under parallel plate compression. *Journal of Food Engineering*, 103(3), 308-316.

Rahemi, M. (1998). *An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. Shiraz University Press. Second Edition, p:259. (in Farsi)

Ribeiro, C., Vicente, A., Teixeira, J. A. & Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 63–70.

ShokohFar, A. & Momeni, K. (2005). *An introduction to nanotechnology*. The cultural center of wide dissemination. (in Farsi)

Singh, K.K. & Reddy, B.S. (2006). Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. *Journal of Food Engineering*, 73(2), 112–120.

Supraditareporn, W. & Pinthong. R. (2007). Physical, Chemical and Microbiological Changes during Storage of Orange Juices cv. Sai Nam Pung and cv. Khieo Waan in Northern Thailand. *International Journal of Agricultural and Biology,* 9(5), 726-730.

ValipourMotlagh, N., HamedMosavian, M. T. & Mortazavi, S. A. (2008). Effect of silver particlenono on quality and Barberry shelf life in compartion to polyethylene packaging. *18 National Congress on Food Technology*. Mashhad University. (in Farsi)

Yahya Zadeh, M. (2006). *Investigation the effects of some essential oils in enhancing life of post harvest Navel and Valencia orange fruits*. M. Sc. thesis, Horticulture Dept., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. (in Farsi)