بررسی اثرات نیروهای ضربه‌ای ناشی از سقوط بر ویژگی‌های بیوفیزیکی گوجه فرنگی

سعیده حسینی هوشیار [a*] ، حامد فاطمیان [b] ، غلامحسن اسدی [c] ، بابک دلخوش [d]

[a] دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

[b] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج

[c] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

[d] استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۴/۱

jftn.srbiau.ac.ir

چکیده

مقدمه: گوجه‌فرنگی از جمله میوه‌های حساس به ضربات مکانیکی و تنش‌های فیزیکی است. میزان قابل توجهی از این محصول در خلال عملیات برداشت، حمل و نقل و جابه‌جایی از بین رفته و به ضایعات تبدیل می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر ارتفاع سقوط و جنس سطح سقوط بر ویژگی‌های بیوفیزیکی گوجه فرنگی در طی یک دوره ۱۸ روزه بوده است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق نمونه‌های گوجه‌فرنگی رقم هیبریدی رام (Rum TH 20163) انتخاب شدند و اثر سه ارتفاع مختلف شامل صفر،۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر و سه جنس مختلف سطح سقوط شامل چوب، فوم و پلاستیک روی ماندگاری و ویژگی‌های بیوفیزیکی گوجه فرنگی شامل دانسیته، فاکتور فشردگی، سختی بافت، رنگ و نیز انرژی ناشی از ضربه در طی ۱۸ روز انبارداری در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بررسی شد.

یافته‌ها: با افزایش ارتفاع سقوط نظیر آنچه که در اثر افزایش مدت زمان نگهداری حاصل شد، فاکتور فشردگی افزایش یافت. این در حالیست که افزایش ارتفاع سقوط، در عین حال که سبب تشدید انرژی ناشی از ضربه و تغییرات رنگ محصول می‌شود، سختی بافت را در طی زمان نگهداری، به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه ثابت می‌کند که سطح فوم کم‌ترین آسیب ناشی از ضربه را به میوه‌ها وارد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: *آسیب‌های مکانیکی، انرژی ناشی از ضربه، قابلیت ماندگاری، گوجه فرنگی، ویژگی‌های بیوفیزیکی*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: hoseinihoshiar@yahoo.com

مقدمه

محصولات کشاورزی در مراحل مختلف برداشت و پس از برداشت شامل جابه‌جایی، حمل و نقل، نگهداری و فرآوری، تحت تأثیر نیروهای مکانیکی و صدمات فیزیکی متعددی واقع می‌شوند. در بسیاری از موارد این نیروها موجب آسیب‌دیدگی مکانیکی محصول و پارگی دیواره سلولی شده و روند تبادلات طبیعی دیواره دچار اختلال می‌گردد. در نتیجه تغییرات عمده‌ای در فرایندهای بیولوژیکی و بیوشیمیایی این محصولات ایجاد می‌شود (Idah *et al*. ,2007; Mohsenin,1986).

در تحقیقی مطالعه‌ای بر روی خصوصیات بافتی گوجه فرنگی که در مراحل مختلف رسیدگی برداشت شده‌اند، انجام گردید. این تحقیقات نشان داده است که سختی بافت گوجه فرنگی با رسیده‌تر شدن کاهش می‌یابد (Kader *et al*.,1978).

همچنین صدمات مکانیکی، باعث آسیب دیدن لایه‌های سطحی میوه و تخریب لایه‌های غشایی نگه‌دارنده آب و خروج رطوبت بیشتر از میوه می‌شود. تلفات رطوبتی سبب کاهش وزن میوه و در نتیجه کاهش ارزش آن گردیده و یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در تشدید ضایعات پس از برداشت میوه‌ها محسوب می‌گردد (Golomb *et al*., 1984).

مطالعات دقیق ساختمانی نشان داده‌اند که در طی رسیدن میوه، تغییرات مهمی در لایه میانی دیواره سلولی رخ می‌دهد. ابتدا دیواره سلولی به صورت محلول درمی آید و با پیشرفت عمل رسیدن، انحلال دیواره بیشتر می‌شود که در میوه‌های بسیار رسیده، موجب نازک و شکننده شدن دیواره‌ها می‌گردد (Grieson *et al*.,1986).

انرژی ضربه‌ای جذب شده توسط میوه، کیفیت محصول را در طی حمل و نقل و انبارداری تعیین می‌کند. چون صدمه‌دیدگی بافت به دلیل انرژی ناشی از ضربه‌ای است که به میوه وارد می‌شود و سبب تغییر شکل آن می‌گردد، که این خود به سبب تغییر در برخی از خصوصیات مهم فیزیکی دیواره‌های سلولی و مواد اتصال دهنده سلول‌ها می‌باشد. این پارامترها بر روی خواص مکانیکی میوه اثرات بسیار مهمی دارند (Ruiz Altisent, 1991). در تحقیقی نشان داده شد که در حین عملیات جابه‌جایی و در اثر سقوط از ارتفاع، نیروهای دینامیکی مختلف بر محصولات کشاورزی وارد می‌شوند. میزان صدمات مکانیکی وارد شده به محصول در این حالت، بستگی به ارتفاع سقوط و نیز جنس سطحی که محصول بر روی آن سقوط می‌کند دارد. طبق تحقیقات به عمل آمده با افزایش ارتفاع سقوط، انرژی ناشی از ضربه و نیز سطح صدمه دیده نمونه‌ها افزایش می‌یابد (Idah *et al*., 2007).

در تحقیقی تأثیر نیروهای ضربه‌ای پاندولی بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی و میزان صدمه‌دیدگی آن بررسی گردید. در این تحقیق گوجه‌فرنگی‌ها در مراحل مختلف رسیدگی و با اندازه‌های مختلف انتخاب شدند. توسط یک پاندول کروی با شعاع ۲۵ mm در سه سطح کم، متوسط و بالا و در دو موقعیت طولی و عرضی به نمونه‌ها ضربه وارد شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که هر چه سطح ضربه وارده به گوجه فرنگی‌ها بیشتر باشد، انرژی جذب شده توسط نمونه‌ها افزایش می‌یابد (Van Zeebroeak *et al*., 2006).

اثرات صدمات ناشی از ضربات مکانیکی بر ویژگی‌های میکرومکانیکی بخش‌های پری‌کارپ (کوتیکول، اپیدرم، هیپودرم و پارانشیم) و ساختار میکروسکوپی پری‌کارپ دو واریته مختلف گوجه‌فرنگی را در زمان برداشت و در طی ۱۴ روز انبارداری مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیقات نشان داده‌اند که تفاوت‌های قابل توجهی در ویژگی‌های میکرومکانیکی بخش‌های مختلف پری‌کارپ گوجه‌فرنگی‌ها دیده شدند. به نظر می‌رسد تفاوت پارامترهای هندسی بخش هیپودرمی هر دو نوع گوجه فرنگی تعیین‌کننده‌ی تفاوت قدرت مکانیکی پوست نمونه‌ها و بنابراین تفاوت در میزان حساسیت به صدمات مکانیکی می‌باشد (Allende *et al*., 2004).

اثرات روش‌های مختلف برداشت مکانیکی، بر خصوصیات کیفی و فیزیکی ارقامی از گوجه‌فرنگی در آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار گرفت. برداشت‌کننده‌های متفاوت می‌توانستند ویژگی‌های نهایی را تحت تأثیر قرار دهند. ولی تفاوت قابل توجهی در انواع مختلف برداشت‌کننده‌ها مشاهده نشد. آزمایشات این پروژه کاهش سختی بافت گوجه فرنگی‌ها را تا میزان ۳۰ درصد، و کاهش مقاومت

jfn.srbiau.ac.ir

پوست آن‌ها را به دلیل ایجاد ترک حداکثر تا ۶ درصد نشان داده‌اند (Arazuri *et al*., 2007).

به نظر می‌رسد که ضربات ناشی از سقوط و یا حمل و نقل محصول با اعمال صدمات فیزیکی به دیواره‌های سلولی و نیز از طریق افزایش شدت فعالیت برخی از آنزیم‌های موثر، روند نرم‌شدگی بافت محصول را سرعت می‌بخشد.

حداقل سه آنزیم که بر کربوکسی متیل سلولز و استحکام دیواره سلولی اثر می‌گذارند در عصاره میوه‌ها شناسایی شده‌اند. هنگامی که، فعالیت این آنزیم‌ها بیشتر می‌شود نرم شدن بافت سریع‌تر صورت می‌گیرد (مظاهری و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین مشخص گردیده است که تولید رنگ قرمز در میوه رسیده به علت تخریب کلروفیل و تجمع زیاد کاروتنوئیدها، بتاکاروتن و لیکوپن است، رنگ نارنجی قبل از رسیدن میوه به افزایش مقدار بتاکاروتن نسبت داده شده است. حال آن‌که رنگ قرمز میوه رسیده به دلیل تجمع سریع لیکوپن می‌باشد (مظاهری و همکاران، ۱۳۸۶).

بررسی آمارهای موجود نشان می‌دهد که میزان تولید گوجه فرنگی در جهان طی سال‌های اخیر افزایش یافته است. ولی سالانه بخش زیادی از این محصول در مسیر مزرعه تا بازار مصرف از بین می‌رود. در ایران هم سطح قابل توجهی به کشت این محصول اختصاص می‌یابد ولی میزان ضایعات آن بسیار بالاست (مظاهری و همکاران، ۱۳۸۶).

بر طبق آمار ارائه شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی میزان تولید گوجه فرنگی در سال زراعی ۱۳۸۶، ۴۷۸۱۰۱۷ تن بوده است و با توجه به میزان ضایعات سالانه گوجه فرنگی که حدود ۳۰ درصد ذکر شده است (گزارش ملی برنامه راهبردی کاهش ضایعات موسسه تحقیقات فنی –مهندسی کشاورزی). نزدیک به ۱۴۳۴۳۰۵/۱ تن از کل محصول تولیدی در این سال از بین رفته که رقم قابل توجهی است (آمار نامه کشاورزی ایران، ۱۳۸۵).

یکی از دلایل مهم در ایجاد و افزایش ضایعات گوجه‌فرنگی، آسیب‌های ناشی از ضربه ایست که در نتیجه سقوط از ارتفاع بر محصول، در طی برداشت، جابه‌جایی و حمل و نقل وارد می‌شود. میزان آسیب وارده به محصول علاوه بر ارتفاع، به جنس سطحی که گوجه فرنگی بر آن سقوط می‌کند نیز بستگی دارد. در مراحل پس از برداشت، این محصول با سطوح مختلفی از جمله فلز، چوب، فوم و پلاستیک برخورد دارد. جنس فلز در مراحل برداشت مکانیکی و انتقال محصول به درون وسیله نقلیه (در حمل و نقل فله‌ای) و جنس‌های چوب، فوم و پلاستیک در حین انتقال گوجه فرنگی‌ها به درون جعبه‌ها و ظروفی از این جنس با محصول در تماس می‌باشند. که مطالعه آن‌ها این امکان را فراهم می‌کند که بهترین جنس ظروف بسته‌بندی برای محصول گوجه فرنگی شناسایی گردد و به دنبال آن ضایعات این محصول پر مصرف کاهش یابد.

در همین راستا، در این تحقیق اثرات نیروهای ضربه‌ای ناشی از سقوط و جنس سطح سقوط بر روی برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی گوجه فرنگی در طی یک دوره نگهداری ۱۸ روزه در شرایط دمای ۱۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۸ درصد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

– تهیه و آماده سازی نمونه اولیه

در این مطالعه گوجه‌فرنگی رقم هیبریدی رام (Rum TH 20163) در یک مرحله ثابت و مشخص از رسیدگی (تقریباً رسیده با رنگ صورتی مایل به قرمز)، از یک گلخانه تخصصی واقع در منطقه چهار باغ کرج، به صورت دست چین برداشت، و به صورت تک لایه‌ای در سبدهای مخصوص چیده و توسط یک وسیله حمل کننده به صورت کاملاً کنترل شده، به طوری که کم‌ترین تنش فیزیکی بر نمونه‌ها اعمال شود به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از تعیین ویژگی‌های کمی و کیفی نمونه‌های اولیه نظیر وزن، دانسیته، فاکتور فشردگی، تغییرات رنگ و سختی بافت، با رها کردن نمونه‌ها از سه ارتفاع صفر، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر بر روی سه سطح مختلف از جنس‌های چوب، فوم و پلاستیک میزان انرژی ضربه‌ای ناشی از سقوط هر نمونه بر مبنای معادله (۱) محاسبه گردید. تغییرات ویژگی‌های کمی و کیفی و خصوصیات بیوفیزیکی نمونه‌های مذکور شامل دانسیته‌ی واحد، دانسیته توده فشرده، فاکتور

jftn.srbiau.ac.ir

فشردگی، تغییرات رنگ و سختی بافت در یک دوره ۱۸ روزه نگهداری در شرایط دمای ۱۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۸ درصد، هر سه روز یک‌بار به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

- ویژگی‌های مورد ارزیابی

انرژی ناشی از ضربه

پس از اندازه‌گیری وزن هر نمونه و با رها کردن آن از یکی از ارتفاع‌های مختلف صفر، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر بر روی یکی از سطوح بکار رفته در این پژوهش مقدار انرژی ناشی از ضربه از فرمول زیر محاسبه گردید (Idah *et al.*,2007):

$$E = mgh \qquad \text{(معادله ۱)}$$

که در آن E انرژی ناشی از ضربه (J)، m جرم میوه (g)، g شتاب جاذبه زمین ($9.8\ m/s^2$) و h ارتفاع سقوط (m) می‌باشد.

دانسیته واحد

تعیین دانسیته واحد نمونه‌های گوجه‌فرنگی بر مبنای قانون ارشمیدس و با روش جابه‌جایی آب انجام گردید. بدین ترتیب که ابتدا وزن هر نمونه در هوای آزاد و پس از غوطه‌ور کردن آن در آب، وزن آب جابه‌جا شده اندازه‌گیری و از رابطه زیر دانسیته واحد هر یک از نمونه‌ها محاسبه شد (Mohsenin, 1986):

$$\rho = m \cdot \rho_w / m_w \qquad \text{(معادله ۲)}$$

که در آن ρ دانسیته واحد گوجه فرنگی (g/cm^3)، m وزن گوجه فرنگی در هوا (g)، ρ_w وزن مخصوص آب (g/cm^3) و m_w وزن آب جابه‌جا شده (g) که معادل با وزن میوه در آب است.

دانسیته توده فشرده

برای محاسبه دانسیته توده فشرده، تعداد مشخصی گوجه‌فرنگی مربوط به هر تیمار را داخل یک سبد پلاستیکی مشبک به ارتفاع ۹ سانتی متر و قطر ۱۲ سانتی متر قرار داده و با استفاده از یک ویبراتور ضربه‌ای الکتریکی مدل K1-Retsch تحت توان ۱۰ وات، محتویات سبد را با اعمال لرزش‌ها و ضرباتی یکسان، برای مدت ۲ دقیقه تا حد امکان فشرده ساخته و مشابه روش فوق که برای اندازه‌گیری دانسیته واحد بیان شد، بر مبنای محاسبه وزن توده فشرده شده در هوا و آب و با استفاده از معادله ۵، دانسیته توده فشرده گوجه فرنگی‌ها محاسبه گردید (Mohsenin, 1986):

$$\rho_P = M.\rho_w / m_w \qquad \text{(معادله ۳)}$$

که در آن ρ_P دانسیته توده فشرده گوجه فرنگی‌ها (g/cm^3) و M وزن سبد پر از گوجه فرنگی در هوا (g) است.

فاکتور فشردگی

معمولاً در بین ذرات و توده‌های مواد غذایی مقداری فضاهای خالی وجود دارد، که فشرده کردن محصول موجب کاهش این فضاها می‌گردد. در حین حمل و نقل ماده غذایی، بر اثر ارتعاشات و تکان‌هایی که بر محصول وارد می‌شود، محصول فشرده‌تر شده، فضاهای خالی بین آن‌ها کاهش یافته و حجم کمتری را در بسته‌بندی اشغال می‌کنند. با در دست داشتن دانسیته واحد و دانسیته توده فشرده می‌توان فاکتور فشردگی توده محصول (P_f) که عکس تخلخل (ε) است را مطابق با معادله ۶ محاسبه کرد (Mohsenin,1986):

$$P_f = ۱ - (\rho_P/\rho) = ۱/\varepsilon \qquad \text{(معادله ۴)}$$

سختی بافت

با استفاده از دستگاه بافت‌سنج مدل HOUNSFILD-H5K ساخت کشور انگلستان، آزمون اندازه‌گیری سختی بافت یا مقاومت بافت در مقابل نیروی برشی، بر مبنای بار گذاری فشاری تک محوری و مطابق با معادله ۷ انجام پذیرفت (Mohsenin,1986):

$$SS = F / \pi.d.L \qquad \text{(معادله ۵)}$$

که در آن SS مقاومت بافت به نیروی برشی وارد آمده توسط پروب N/mm^2، و F مقدار نیروی فشاری N، d قطر پروب (mm) و L ضخامت بافت

jfn.srbiau.ac.ir

نمونه در منطقه وارد آمدن نیرو (mm) است.

رنگ

اندازه‌گیری تغییرات رنگ کلی (ΔE) نمونه‌های آزمایشی، تحت تیمارهای اعمال شده و در طی دوره نگهداری، توسط دستگاه رنگ سنج مدل Hunterlab-D25-9000 ساخت امریکا و بر مبنای رابطه ۶ انجام پذیرفت:

(معادله ۶)

$$\Delta E = \sqrt{(l^* - l_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

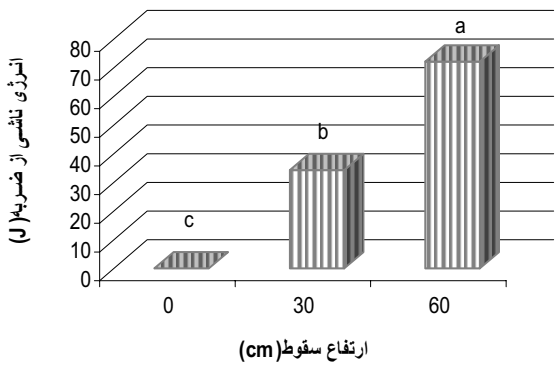
میزان تغییرات رنگ با استفاده از پارامترهای هانتر برحسب روشنی یا سفیدی (l^*)، قرمزی– سبزی (a^*) و آبی– زردی (b^*) بیان گردید. تغییرات رنگ کلی (ΔE) با استفاده از رابطه بالا، به منظور برآورد تغییرات رنگ مورد ارزیابی قرار گرفت (Mohsenin,1986). اندیس* نشان دهنده پارامترهای رنگی نمونه‌های گوجه فرنگی تازه است.

- تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق به صورت یک طرح کاملاً تصادفی بر پایه یک آزمایش فاکتوریل سه عاملی شامل ارتفاع سقوط (صفر، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر)، جنس سطح سقوط (چوب، فوم و پلاستیک) و زمان‌های مختلف نگهداری در انبار (صفر،۳،۶،۹،۱۲،۱۵ و ۱۸ روز) به اجرا در آمده و هر آزمون در سه تکرار انجام گرفته است. داده‌های حاصل از آزمایش‌های این مطالعه به کمک نرم‌افزار Minitab 13.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بر روی صفات مختلف، آنالیز واریانس بر پایه طرح فاکتوریل سه عاملی انجام گرفت و با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن مقایسه‌های لازم صورت پذیرفت و میانگین صفات به منظور تعیین اثرات مستقل و متقابل مقایسه شدند.

یافته‌ها

تأثیر ارتفاع‌های مختلف سقوط شامل صفر،۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر بر ویژگی‌های کمی و کیفی نمونه‌ها شامل انرژی ناشی از ضربه، دانسیته توده فشرده، فاکتور فشردگی، سختی بافت و رنگ در نمودارهای ۱ تا ۵ نشان داده شده است. میزان آسیب وارده به محصول علاوه بر ارتفاع، به جنس سطحی که گوجه فرنگی بر آن سقوط می‌کند نیز بستگی دارد. در نمودارهای ۶ تا ۸ اثر سه جنس مختلف سطح سقوط شامل چوب، فوم و پلاستیک بر تغییرات ویژگی‌های فیزیکی گوجه فرنگی واریته هیبریدی رام (Rum TH 20163) شامل انرژی ناشی از ضربه، فاکتور فشردگی و سختی بافت بررسی گردید. نمونه‌ها در یک دوره ۱۸ روزه در شرایط دمای ۱۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۸ درصد نگهداری شدند و اثر مدت زمان نگهداری بر تغییرات ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌های آزمایشی شامل دانسیته، فاکتور فشردگی، سختی بافت و رنگ در نمودارهای ۹ الی ۱۳ بررسی شده است.



نمودار ۱- تأثیر ارتفاع سقوط بر انرژی ناشی از ضربه

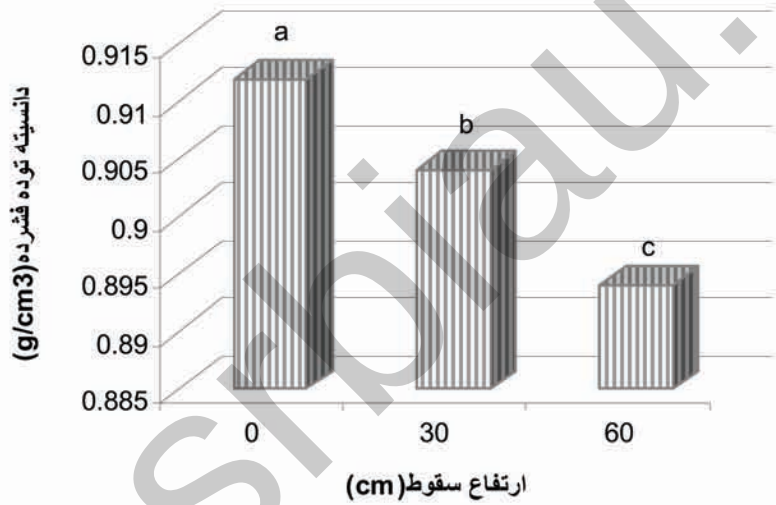
jftn.srbiau.ac.ir

بحث

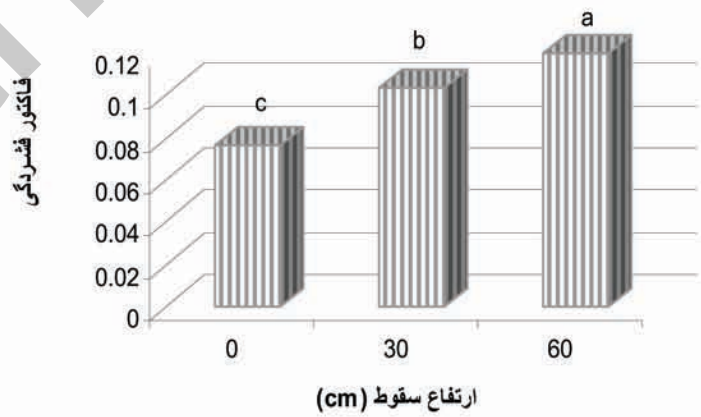
نمودار ۱ نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سقوط، میزان انرژی ناشی از ضربه در نمونه‌ها، افزایش می‌یابد. زیرا ارتفاع سقوط با انرژی ناشی از ضربه رابطه‌ای مستقیم دارد. گزارشات Van Zeebroeak و همکاران (۲۰۰۶) و Idah و همکاران (۲۰۰۷) نیز این نتیجه را تایید می‌کنند.

در نمودارهای ۲ و ۳ مشاهده می‌شود که با افزایش ارتفاع سقوط، دانسیته توده فشرده کاهش و به تبع آن فاکتور فشردگی افزایش می‌یابد. همان‌طور که می‌دانیم با افزایش ارتفاع سقوط صدمات فیزیکی وارد آمده به محصول افزایش یافته که این امر سبب ایجاد ترک‌ها و شکاف‌های ریز و درشت و در نتیجه از دست رفتن بیشتر رطوبت محصول و کاهش وزن محصول و در پی آن سبب کاهش دانسیته می‌شود. آسیب‌های مکانیکی از سوی دیگر با تخریب ساختار سلولی و صدمه به غشا باعث تشدید فعالیت آنزیمی و تنفس محصول می‌گردند که این عوامل نیز باعث کاهش وزن و در نتیجه کاهش دانسیته گوجه فرنگی‌ها می‌شوند. نمودار ۳ نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع سقوط، فاکتور فشردگی نیز زیادتر می‌شود.

با افزایش ارتفاع سقوط، میزان سختی بافت نمونه‌ها کاهش می‌یابد (نمودار ۴). به‌طوری که گوجه



نمودار ۲- اثر ارتفاع سقوط بر دانسیته توده فشرده



نمودار ۳- اثر ارتفاع سقوط بر فاکتور فشردگی

jftn.srbiau.ac.ir

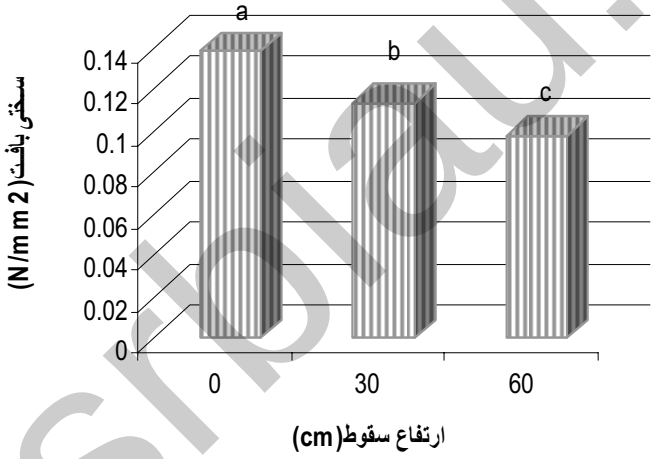
فرنگی‌هایی که اصلاً سقوطی نداشته‌اند (ارتفاع: صفر)، بیشترین میزان سختی بافت را در طی زمان نگهداری از خود نشان می‌دهند. با افزایش ارتفاع سقوط به ساختار و غشا سلول، انرژی ضربه‌ای بیشتری وارد می‌شود، در نتیجه صدمات فیزیکی وارده به بافت و دیواره‌های سلولی افزایش یافته، آنزیم‌ها بیشتر در معرض سوبسترا قرار می‌گیرند و فعالیت آنزیمی تشدید می‌شود. از جمله این آنزیم‌ها پلی گالاکتورونازها و پکتین متیل استرازها هستند که سبب کاهش سختی بافت می‌گردند. نتایج حاصل از مطالعات Van Zeebroeck و همکاران (۲۰۰۶) یافته‌های این تحقیق را تایید می‌کنند.

در نمودار ۵ مشاهده می‌شود که با افزایش ارتفاع سقوط، میزان تغییرات رنگ نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد.

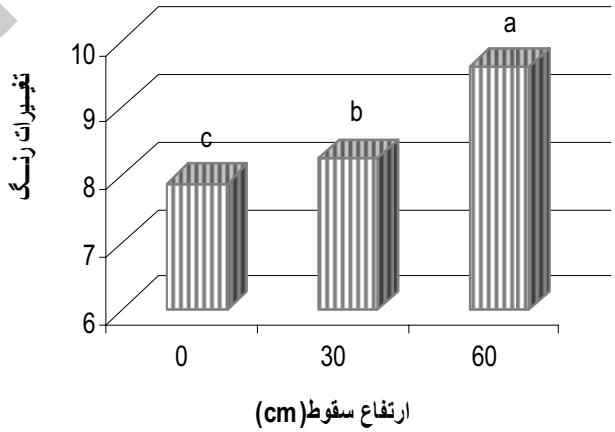
در حقیقت با افزایش ارتفاع و انرژی ضربه ای ناشی از سقوط بر شدت فعالیت های آنزیمی و سرعت واکنش‌های رسیدن گوجه فرنگی افزوده می‌گردد. با افزایش میزان رسیدگی در گوجه ها، تغییرات رنگ آن‌ها نیز تشدید می‌شود.

اثرات جنس سطح سقوط بر ویژگی‌های کمی و کیفی نمونه‌ها.

همان‌طور که در نمودار ۶ مشاهده می‌شود، کم‌ترین و بیشترین انرژی ضربه‌ای ناشی از سقوط به ترتیب مربوط به نمونه‌هایی است که بر روی سطح فوم و پلاستیک سقوط کرده‌اند. در این مطالعه مشخص گردید که جنس فوم به دلیل داشتن الاستیسیته بیشتر در مقایسه با سایر سطوح بکار رفته، قادر است میزان بیشتری از انرژی وارده به سبب سقوط میوه را در خود نگه داشته و از



نمودار ٤- اثر ارتفاع سقوط بر سختی بافت نمونه‌ها



نمودار ٥- اثر ارتفاع سقوط بر تغییرات رنگ نمونه‌ها

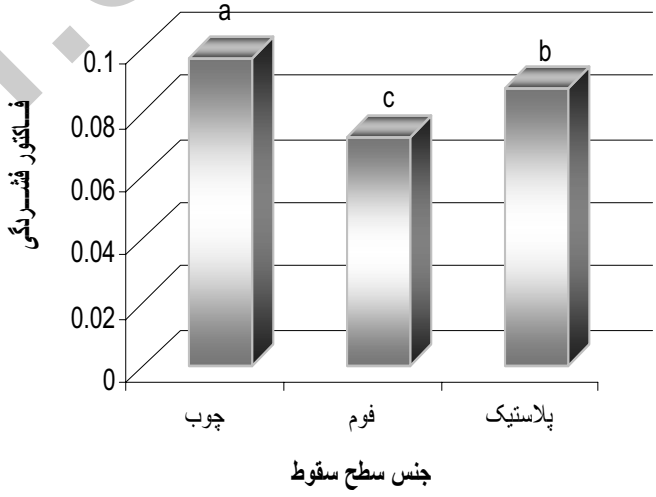
jftn.srbiau.ac.ir

بازگرداندن آن به بافت میوه جلوگیری نماید. این امر سبب می‌شود که ضربه بازگشتی وارده به میوه در زمان سقوط و یا برخورد با سطوح از جنس فوم به میزان قابل توجهی کاهش یابد. به همین دلیل می‌توان گفت که سطوح با جنس فوم اثرات محافظت‌کنندگی بیشتری از بافت میوه در مقابل ضربات مکانیکی دارند. این یافته‌ها با نتایج حاصل از مطالعه Idah و همکاران در سال ۲۰۰۷ کاملاً مطابقت دارد.

نمودار ۷ بیان می‌کند که گوجه‌های سقوط کرده بر روی سطح با جنس فوم، پس از اعمال تنش فشردگی کم‌ترین فاکتور فشردگی و گوجه‌هایی که بر روی چوب سقوط کرده‌اند، بیشترین میزان فشردگی (بالاترین فاکتور فشردگی) را دارا هستند. این امر با توجه به اینکه جنس فوم کم‌ترین ضربه و اثر تخریبی را در زمان برخورد بر بافت محصول وارد می‌کند و به تبع آن می‌تواند روند کاهش وزن نمونه‌ها در طی زمان نگهداری را به میزان قابل توجهی کاهش دهد، قابل توجیه است.

مطابق نمودار ۸ مشاهده می‌شود که بیشترین میزان سختی (کم‌ترین میزان نرم‌شدگی بافت)، مربوط به نمونه‌هایی است که بر روی سطح با جنس

نمودار ٦- تأثیر جنس سطح سقوط بر انرژی ناشی از ضربه



نمودار ۷- اثر جنس سطح سقوط بر فاکتور فشردگی

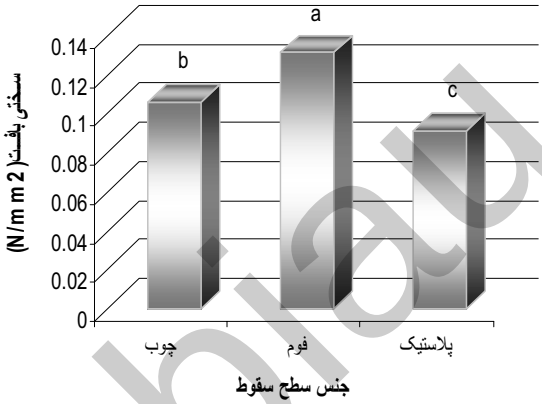
jftn.srbiau.ac.ir

فوم سقوط کرده‌اند. زیرا همان‌گونه که در خصوص نمودار ۶ ذکر شد، سطوح با جنس فوم، انرژی ضربه‌ای جذب شده به بافت محصول را به میزان قابل توجهی کاهش داده و از اثرات تخریبی آن در استحکام و سختی بافت می‌کاهد.

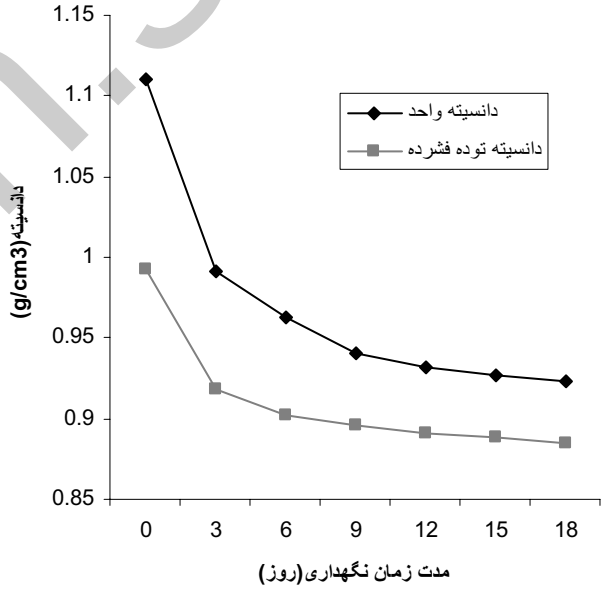
بررسی‌های آماری بیانگر آنست که جنس سطح سقوط بر تغییرات رنگ اثر معنی داری نداشته است. اثرات مدت زمان نگهداری بر ویژگی‌های کمی و کیفی نمونه‌ها.

همان‌طور که نمودار ۹ مشاهده می‌شود، با افزایش زمان نگهداری در سردخانه، دانسیته واحد و دانسیته توده فشرده کاهش می‌یابد. لیکن بیشترین شدت در کاهش این صفات تا روز سوم بوده و پس از آن، میزان کاهش از روندی کند تبعیت کرده و شیب منحنی به میزان قابل توجهی کاهش یافته است.

علت اصلی کاهش دانسیته در طی مدت زمان نگهداری را می‌توان به کاهش جرم محصول در زمان نگهداری نسبت داد. البته کاهش شدید دانسیته تا روز سوم نگهداری می‌تواند به دلیل افزایش شدت تبخیر و خروج رطوبت و به طور کلی کاهش وزن تا این زمان در اثر وجود شکاف‌ها و خراش‌های بسیار



نمودار ۸- اثر جنس سطح سقوط بر سختی بافت



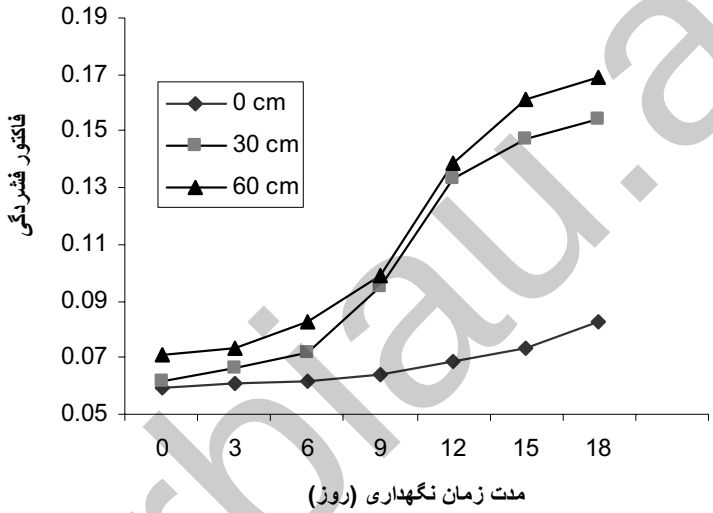
نمودار ۹- اثر مدت زمان نگهداری بر دانسیته واحد و دانسیته توده فشرده

jftn.srbiau.ac.ir

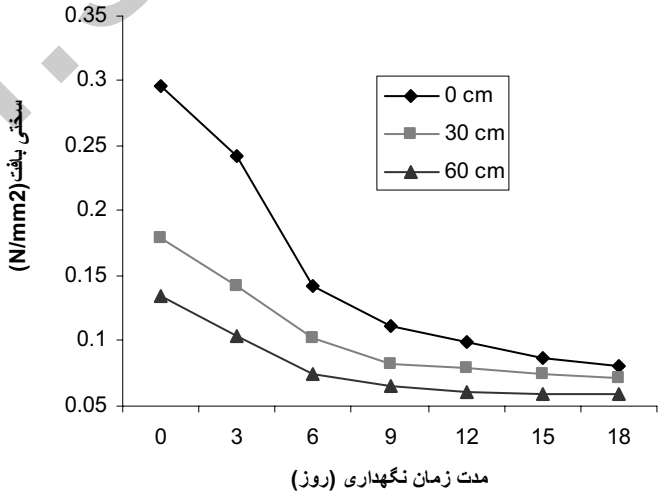
ریز پوستی ناشی از تنش‌های ضربه‌ای باشد. لیکن از روز سوم که فرایندهای التیام‌دهی خودبه‌خودی صورت می‌پذیرند، شدت افت وزن به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و تا پایان مدت زمان نگهداری تقریباً ثابت می‌ماند.

بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه افزایش مدت زمان نگهداری، فاکتور فشردگی نمونه‌های گوجه فرنگی را افزایش می‌دهد (نمودار ۱۰). این امر می‌تواند به دلیل کاهش نسبت دانسیته توده فشرده به دانسیته واحد در طی مدت زمان نگهداری نمونه‌ها باشد. بعلاوه مشاهده می‌شود که افزایش ارتفاع سقوط، میزان فشردگی توده نمونه‌ها را افزایش می‌دهد.

نمودار ۱۱ نشان می‌دهد که با افزایش زمان نگهداری در سردخانه از میزان سختی بافت نمونه‌ها کاسته شده است به‌طوری‌که در روز هیجدهم نمونه‌ها کم‌ترین میزان سختی بافت را دارا می‌باشند. در حقیقت صرف‌نظر از ارتفاع سقوط، میزان استحکام بافتی نمونه‌های گوجه فرنگی در طی دوره نگهداری مرتباً کاهش می‌یابد. در این میان کم‌ترین

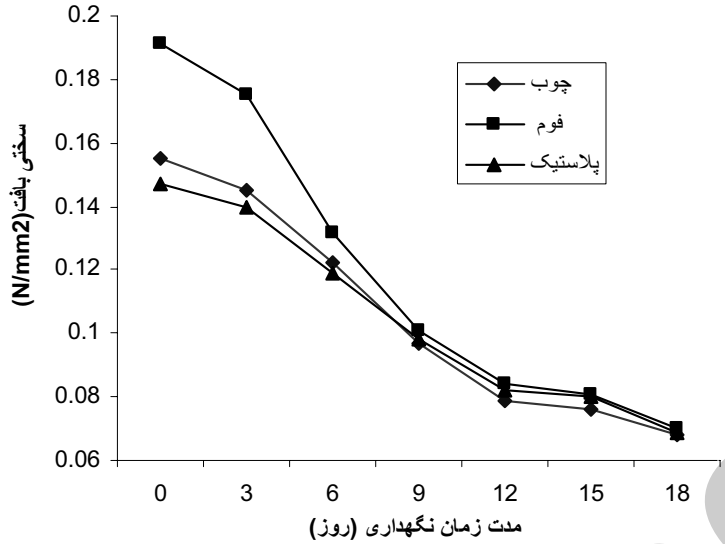


نمودار ۱۰- اثر متقابل مدت زمان نگهداری و ارتفاع سقوط بر فاکتور فشردگی

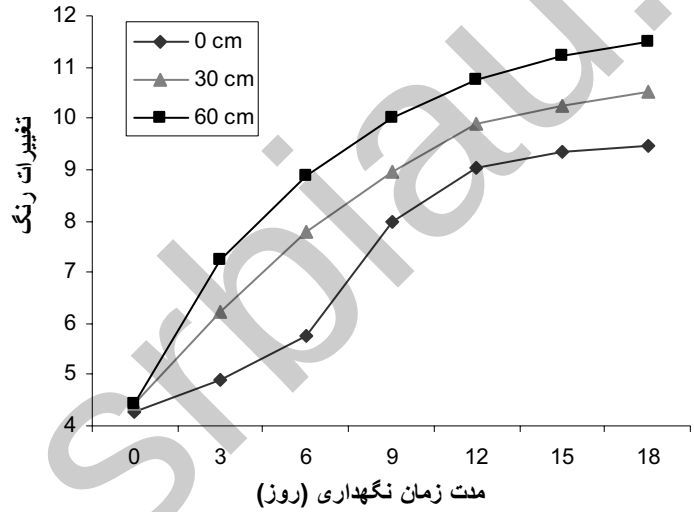


نمودار ۱۱- اثر متقابل مدت زمان نگهداری و ارتفاع سقوط بر سختی بافت نمونه‌ها

jftn.srbiau.ac.ir



نمودار ۱۲- اثر متقابل مدت زمان نگهداری و جنس سطح سقوط بر سختی بافت نمونه‌ها



نمودار ۱۳- اثر متقابل مدت زمان نگهداری و ارتفاع سقوط بر تغییرات رنگ نمونه‌ها

میزان سختی بافت مربوط به نمونه‌هایی بوده است که از بلندترین ارتفاع (۶۰ سانتی‌متر) سقوط کرده‌اند. این امر به اثرات تخریبی افزایش ارتفاع به دلیل افزایش انرژی ضربه‌ای ناشی از سقوط بر دیواره‌ها و مواد اتصال دهنده سلولی مربوط می‌گردد. یافته‌های حاصل از مطالعات Kader (۱۹۷۸)، RuizAltisent(۱۹۹۱)، Allende (۲۰۰۴) و VanZeebroeck (۲۰۰۷)، این نتایج را تایید می‌کنند.

همچنین بررسی اثرات متقابل جنس سطح سقوط و مدت زمان نگهداری محصول بر میزان استحکام بافت آن بیانگر آن است که کم‌ترین میزان کاهش در سختی بافت مربوط به نمونه‌هایی است که بر سطح فوم سقوط کرده‌اند. زیرا آن گونه که پیش‌تر و در خصوص نمودارهای ۶ و ۸ بیان گردید، کم‌ترین میزان انرژی ضربه‌ای جذب شده به بافت محصول و به تبع آن کم‌ترین صدمه و نرم‌شدگی بافتی، در خصوص نمونه‌هایی اتفاق افتاده است که بر روی سطح با جنس فوم سقوط کرده‌اند.

مطالعات انجام شده در این پژوهش نشان داده‌اند که با افزایش مدت زمان نگهداری، تغییرات رنگ در نمونه‌های گوجه فرنگی افزایش می‌یابد. به علاوه

jftn.srbiau.ac.ir

بیشترین میزان شدت در تغییرات رنگ مربوط به نمونه‌هایی است که از ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر سقوط کرده‌اند (نمودار ۱۳).به نظر می‌رسد که افزایش ارتفاع سقوط، مانند افزایش مدت زمان نگهداری، فرایندهای بیوشیمیایی موثر در افزایش تراکم لیکوپن و قرمز شدن رنگ را تشدید می‌کند.

نتیجه‌گیری

مطالعات انجام شده در این تحقیق، بیانگر این واقعیت است که افزایش ارتفاع، نه تنها انرژی جذب شده ناشی از سقوط را افزایش می‌دهد، بلکه به دلیل اثرات تخریبی و صدمات مکانیکی به دیواره‌های سلولی و نیز از طریق تشدید فعالیت برخی از آنزیم‌ها، سبب افت ویژگی‌های کیفی از طریق افزایش روند نرم‌شدگی بافت محصول و قرمز و کبود شدن سریع رنگ گوجه فرنگی، به دلیل تجمع سریع لیکوپن می‌گردد.

بعلاوه با افزایش ارتفاع سقوط، فاکتور فشردگی نمونه‌ها در طی مدت زمان نگهداری افزایش می‌یابد که این خود تاییدی بر اثرات تخریبی ارتفاع سقوط بر صفات کمی نظیر وزن و دانسیته محصول است. همچنین با افزایش مدت زمان نگهداری به دلیل انجام واکنش‌های بیوشیمیایی موثر در رسیدن میوه و فعال‌تر شدن آنزیم‌های تخریب کننده دیواره‌های سلولی، میزان نرم‌شدگی و تغییرات رنگ محصول افزایش می‌یابد. لیکن با توجه به اینکه سطوح با جنس فوم کم‌ترین میزان انرژی ضربه‌ای را به بافت محصول منتقل می‌کنند، نمونه‌های رها شده بر روی این سطوح، دچار کم‌ترین صدمه و نرم‌شدگی بافت در طی زمان نگهداری می‌شوند.

از مجموع بررسی‌های به عمل آمده مشخص گردید که بیشترین صدمات مکانیکی و کم‌ترین قابلیت ماندگاری مربوط به گوجه فرنگی‌هایی بوده است که پس از سقوط از ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری بر روی سطح پلاستیک، برای مدت ۱۸ روز در سرد خانه نگهداری شده‌اند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، که تمام امکانات لازم جهت انجام این مطالعه را فراهم نموده است، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

آمار نامه کشاورزی ایران. (۱۳۸۵). اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی.

مظاهری، م.، مرتضوی، ع.، ضیاءالحق، ح، و قندی، ا. (۱۳۸۶). ویژگی‌های کیفی در فرآوری گوجه فرنگی. انتشارات مرز دانش، چاپ اول.

مظاهری، م.، مرتضوی، ع، ضیاءالحق، ح، و قندی، ا. (۱۳۸۶). تولید و فرآوری گوجه فرنگی. انتشارات مرز دانش، چاپ اول.

موسسه تحقیقات فنی – مهندسی کشاورزی کرج. (۱۳۸۷). گزارش ملی برنامه راهبردی کاهش ضایعات.

Allende, A., Desmet, M., Vanstreels, E. & Nicola, M. (2004). Micromechanical and geometrical properties of tomato skin related to differences in puncture injury susceptibility.Postharvest Biology and Technology, 34, 131–141.

Arazuri, S., Jaren, C., Arana, J. & Perez, J. (2007). Influence of mechanical harvest on the physical properties, 317-334.

Grieson, D. & Kader, A. (1986). In The tomato crop :a scientific basis for improvement. Fruit ripening and quality 1 ST ED.241-280

Golomb, A., Yehoshua, S. & Sarig, Y. (1984). High- Density polyethylene Wrap improves Wound healing and lengthens shelf - life of the American Society of Horticul Sciense, 109, 155- 159.

Idah, P. A., Ajisegiri, E. S. A. & Yisa, M. G. (2007). An Assessment of Impact Damage to Fresh Tomato Fruits. AU J.T. 10, 4, 271-275.

Kader, A. A., Morris, L. L. & Chen, P. (1978). Evaluation of two objective methods and a subjective rating scale for measuring tomato fruit firmness. Journal of American Society of Horticultural Scientists, 103, 1,70 -73.

Mohsenin, N. N. (1986). Physical properties of plant and animal materials, Vol. 1. Gordon and Breach Science Publ., New York, NY, USA.

Ruiz Altisent, M. (1991). Damage mechanisms in the handling of fruits. In progress in Agricultural physics and Engineering. (Ed Matthews j) CAB International, 231-275, 388.

Van Zeebroeck, M., Van linden,V., Darius,P., De Ketelaere, B., Ramon, H. & Tijskens, E. (2006). The effect of fruit properties on the bruise susceptibility of tomatoes. Postharvest Biology and Technology, 45, 168–175.

ifn.srbiau.ac.ir

Food Technology & Nutrition / Summer 2011 / Vol. 8 / No. 3

Study of the Falling Impact Forces on the Biophysical Properties of Tomato

S. Hosseini Hooshyar [a*], H. Fatemian [b], Gh. H. Assadi [c], B. Delkhosh [d]

[*a] M. Sc. Student of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Assistant professor of Food Science and Technology, Agriculture Engineering Research Institute (AERI), Karaj, Iran

[c] Assistant Professor of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[d] Assistant Professor of Agronomy and Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 5 January 2010 Accepted: 22 January 2010

Abstract

Introduction: Tomato is a product susceptible to physical vibrations and mechanical damages. Losses during harvesting, handling and transportation are considerable. In this research, the effects of different falling heights and type of falling surfaces on the shelf life and biophysical properties of tomato during 18 days of storage were investigated.

Materials and Methods: Tomatoes; Rum TH 20163 variety were chosen and the effects of different falling heights, (0.30 and 60 cm) and kind of falling surfaces (wood, foam and plastic) on the shelf life and biophysical properties of tomato, such as density, packing factor, firmness, color and impact energy, during 18 days of storage, at 15ºC, were investigated.

Results: It might be concluded that falling height and time of storage period, increase the packing factor of the samples whereas increasing of falling height intensifies the impact energy, color changes and reduces the firmness of texture during storage.

Conclusion: The results of this study demonstrate that foam surface inflicted the minimum impact damage on the fruits.

Keywords: *Biophysical Properties, Impact Energy, Mechanical Damages, Shelf life, Tomato.*

**Corresponding Author:* hoseinihoshiar@yahoo.com

علوم غذایی و تغذیه / تابستان ۱۳۹۰ / سال هشتم / شماره ۳

jftn.srbiau.ac.ir