نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران

حساسیت ارقام انار نسبت به کوفتگی در مراحل پس از برداشت

محمد محمدشفیع[۱]، علی رجبی‌پور[۲*]، حسین مبلی[۲]

۱ و ۲ – به ترتیب کارشناسی‌ارشد و استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

*نویسنده مسئول: علی رجبی‌پور -arajabi@ut.ac.ir

چکیده

کوفتگی عامل بزرگی در کاهش کیفیت میوه تازه است که می‌تواند به‌سبب انواع بارهای استاتیکی و دینامیکی وارده به میوه در مقابل اشیا دیگر در طول جابه‌جایی، درجه‌بندی، بسته‌بندی و حمل و نقل صورت گیرد. هدف اصلی در این تحقیق بدست آوردن قابلیت کوفتگی بود که می‌تواند برای بهبود ساخت تجهیزات برداشت، درجه‌بندی و بسته‌بندی به کار برده شود. نتایج تفاوت آشکاری را برای کوفتگی بین رقم‌های مختلف انار و جنس صفحات ضربه‌گیر نشان داد. انار رقم ملس ساوه کمترین مقدار حجم کوفتگی و انار رقم شیشه کپ فردوس بیشترین مقدار را در صفحات ضربه‌گیر مشابه به خود اختصاص دادند. همچنین سطح ضربه گیر کارتن کمترین و سطح ضربه‌گیر لاستیک روی فولاد بیشترین مقدار کوفتگی را در ارتفاعات و رقم‌های یکسان در سطح معنی داری احتمال خطای ۰/۰۵ ایجاد کردند. نشان داده شد که آستانه دینامیکی برای کوفتگی ناشی از ضربه در کنترل صحیح رقم های میوه و بالشتک‌های بسته‌بندی مناسب برای انار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انار، بسته‌بندی، ضربه ناشی از سقوط، کوفتگی.

مقدمه

انار با نام علمی پونیکا گراناتوم از خانواده پونیکاسه می‌باشد که نام لاتین آن پوم‌گرانات به معنی سیب دانه-دار یا سیب با هسته‌های زیاد مشتق شده است (Akbarpour et al. 2009, Holland et al. 2009). کوفتگی نظر بسیاری از محققان را به‌عنوان یکی از مهمترین عاملان میزان ضایعات وخسارت و کاهش کیفیت میوه تازه به خود جلب کرد (Dadashpour, 2012, Lu and Wang, 2007). در این ارتباط، نیروهای دینامیکی در طول حمل و نقل و جابه‌جایی میوه عامل بزرگی در این آسیب می‌باشند، زیرا این نیروها از نظر مقدار و وقوع، بیشتر از نیروهای استاتیکی می‌باشند (Mohsenin, 1986). ضربه یکی از بارهای دینامیکی است که در اثر سقوط بر روی سطوح متفاوت و برخورد با میوه‌های دیگر روی می‌دهد. فاکتور ضربه به عنوان یکی از مهمترین عامل صدمات مکانیکی میوه‌ها شناخته شده است (Ruiz Altisent, 1991). وضعیت‌هایی که ممکن است برای

میوه انار در طول مراحل پس از برداشت رخ دهد در عین حال با ارتفاعات سقوط و مواد ضربه‌گیر انار در جدول(۱) نشان داده شده است. بیشتر تحقیقات در زمینه کوفتگی بر روی بعضی از میوه ها نظیر سیب، گلابی و هلو به سبب ضربه‌های دینامیکی با استفاده از روش‌هایی شامل اولتراسونیک، میوه مصنوعی، آزمون‌های سقوط و پاندول (Ahmadi et al, 2010; Lewis et al, 2007; Wang et al, 2006; Pang et al, 1994) و وسایلی که حالت فنری دارند تا میوه را در برابر صفحه ضربه‌گیر حرکت دهند(Holt & Schoorl, 1997) انجام شد. این در حالی است که مطالعه‌ای در مورد کوفتگی انار تا به حال انجام نشده است. هدف از این مطالعه مقایسه کوفتگی رقم‌های میوه انار به سبب ضربه در مقابل مواد ضربه‌گیر متفاوت می‌باشد.

جدول ۱- وضعیت بارگیری دینامیکی میوه در مراحل انتقال

نقاط انتقال	مراحل پردازش	جنس ضربه‌گیر	نوع بارگذاری	پتانسیل ارتفاع سقوط (m)
باغ	سطل برداشت، انبار توده حمل و نقل	پلاستیک، چوب، میوه	دینامیک، دینامیک/ استاتیک دینامیک(ارتعاش)/ استاتیک	۱- ۰/۶
اتاق بسته بندی	بسته بندی دوباره	پلاستیک، چوب، کارتن، میوه	دینامیک	۰/۱۵- ۰/۰۵
توزیع کننده	درجه بندی (نقاله و . .)	فولاد، لاستیک روی فولاد	دینامیک	۰/۱۵- ۰/۰۵
خرده فروش	به نمایش گذاشتن	کارتن، میوه	دینامیک/ استاتیک	۰/۳- ۰/۰۵

مواد و روش‌ها

آزمایشات با سه رقم از بهترین انارهای تجاری ایران (شیشه کپ فردوس یا فردوس)، (رباب نیریز یا رباب) و (ملس ساوه یا ساوه) انجام گرفت. نمونه‌ها با ماکزیمم زمان دو روز درشرایط مطلوب (۵ درجه سانتی گراد و ۸۵ درصد رطوبت) ذخیره شدند. حداقل ۱۰ ساعت قبل از اندازه گیری واقعی، انارها در دمای مطلوب نگهداری شدند. چهار سطح مختلف ضربه گیر به نام‌های کارتن، لاستیک روی فولاد (برای شبیه‌سازی تسمه نقاله)، پلاستیک و چوب در آزمون های سقوط به عنوان سطوح ضربه‌گیر به کار برده شدند. این سطوح بر اساس اطلاعات جمع آوری شده در جدول (۱) انتخاب شدند. مشخصه‌های آنها در جدول (۲) نشان داده شده است(Lewis et al, 2007 ؛ گسیلی و همکاران، ۱۳۸۵)

جدول ۲- مشخصات مواد ضربه‌گیر

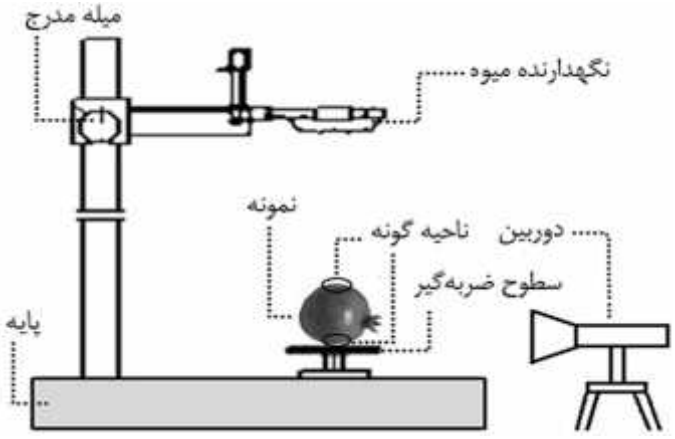
مواد ضربه‌گیر	ضخامت (mm)	مدول الاستیسیته (GPa)	ضریب پواسون
پلاستیک	۵	۲/۳	۰/۳۵
فولاد	۵	۲۰۰	۰/۳
لاستیک	۳	۰/۱	۰/۵
چوب (کاج)	۸	۸/۸۹	۰/۳۴۱
کارتن	۳	۰/۰۰۲۶	۰/۰۱

اسباب آزمون

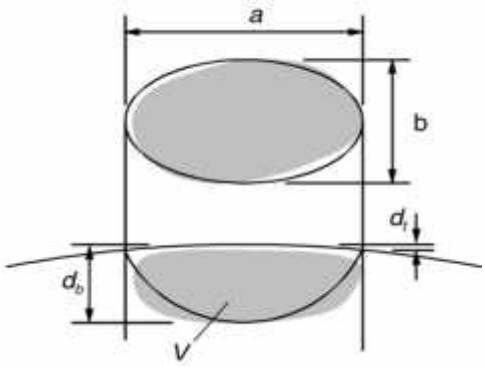
دستگاه اندازه‌گیری کوفتگی ضربه ناشی از سقوط انار در شکل (۱) نشان داده شده است. دستگاه ضربه ساخته شده به میله مدرج عمودی ۱ متری به منظور کنترل ارتفاع سقوط (h_{drop}) مجهز شده بود.

روش انجام آزمون

قبل از انجام آزمون‌های ضربه ی سقوط، وزن و ابعاد هر نمونه اندازه‌گیری و ثبت شد. تفاوت وزن نمونه ها از ۱۲ درصد بیشتر نبود و بیشترین تفاوت ۱۸/۲ گرم بود. همچنین سفتی در ناحیه گونه هر میوه اندازه گیری شد. سفتی میوه با اندازه گیری بیشترین نیرو در طول نفوذ ۱۰ میلیمتری نفوذ سنج استوانه ای با قطر ۸ میلیمتر و با سرعت ۱۰۰ میلیمتر بر ثانیه به داخل نمونه که روی دستگاه آزمون یونیورسال سوار شده تعیین شد. دو نیروی ماکزیمم خوانده شده از دو سمت مخالف روی گونه برای هر نمونه ثبت شد. میانگین مقدار دو نیروی خوانده شده به عنوان سفتی بدست آمد.



شکل ۱- طرح کلی وسایل آزمون سقوط



شکل ۲- تعیین کوفتگی به روش بیضی‌گون

انارها از سری ارتفاعات سقوط (۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۳، ۰/۶ و ۱ متر) برای پوشش دادن محدوده ارتفاعات ممکن مشخص شده در جدول (۲) انداخته شدند. برای معین شدن صحت نتایج، آزمون‌ها با سه تکرار برای هر ارتفاع سقوط و سطح ضربه‌گیر انجام شدند. در بعضی از ارتفاع‌های سقوط (۰/۱۵، ۰/۳ و ۰/۶ متر) دوربین دیجیتال با مشخصات ۳۰ فریم بر ثانیه و تنظیم کردن پس زمینه برای تعیین ارتفاع بازگشت ($h_{rebound}$) برای محاسبه انرژی ضربه جذب شده استفاده شد. از ضربه ثانویه به میوه جلوگیری شد. ارتفاع سقوط کمتر (۰/۱۵ متر) نماینده ضرباتی که در طول جابه‌جایی و حمل و نقل، و ارتفاع سقوط بالاتر (۰/۶ متر) نماینده ضربات مکانیکی در مراحل برداشت و بسته‌بندی می‌باشد.

(انرژی ضربه) $e_{impact}=m\ g\ (h_{drop}- h_{rebound})$ (1)

که m جرم انار و g شتاب گرانش می‌باشد.

برای معین شدن ناحیه صحیح ضربه، صفحه‌ی ضربه به مقداری پودر گچ آغشته شد. بعد از آزمون های ضربه، میوه ها در طول ۴۸ ساعت در دمای اتاق ذخیره شدند (۲۱ درجه سانتی گراد و ۲۸ درصد رطوبت) تا بافت کوفته شده تغییر رنگ پیدا کند. میوه های کوفته شده بررسی شدند و در راستای سطح تغییر شکل یافته ناشی از کوفتگی بریده شدند. سطح کوفتگی و حجم کوفتگی هر میوه بر اساس معادلات (۲ و ۳) با سنجش بوسیله کولیس دیجیتال با دقت ۰/۱ میلیمتر محاسبه شدند (Bollen et al, 1999; Lewis et al, 2007).

$$BA=\frac{\pi}{4}ab \quad (2)$$

$$BV=\frac{\pi d}{24}(3ab+4d^2),\quad d= d_b - d_t \quad (3)$$

که a و b به ترتیب محورهای بزرگ و کوچک سطح کوفتگی بیضی مانند می‌باشد و d عمق کوفتگی اندازه گیری شده برحسب میلیمتر می‌باشد. این پارامترها در شکل (۳) نشان داده شده اند.

آنالیزهای آماری

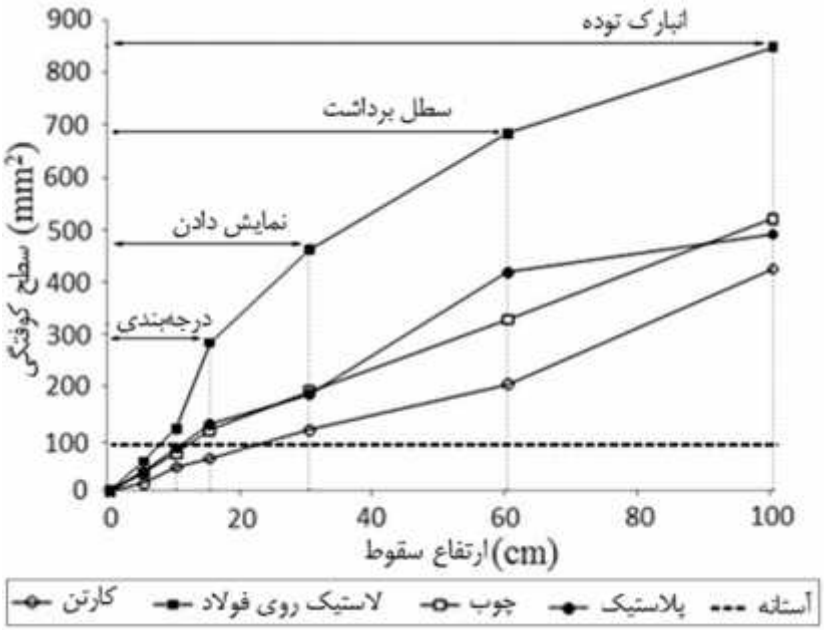
تمامی داده ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس (آنوا) تحت آنالیز آماری قرار گرفتند. تاثیر رقم های انار و جنس سطح ضربه گیر در ۶ ارتفاع سقوط روی حجم کوفتگی و تاثیر جنس سطوح ضربه گیر برای رقم ساوه روی سطح کوفتگی در طرح بلوک کامل تصادفی با آزمایشات فاکتوریل انجام گرفت.

نتایج و بحث

مقادیر میانگین سفتی انارهای رقم فردوس، رباب و ساوه به ترتیب برابر ۱/۳۶، ۱/۴۸ و ۱/۵۸ مگاپاسکال بودند. مطابق نتایج تجزیه واریانس، مقادیر سفتی میوه بین سه رقم معنی داربود ($p < 0.05$).

تاثیر جنس سطوح ضربه‌گیر بر کوفتگی انار

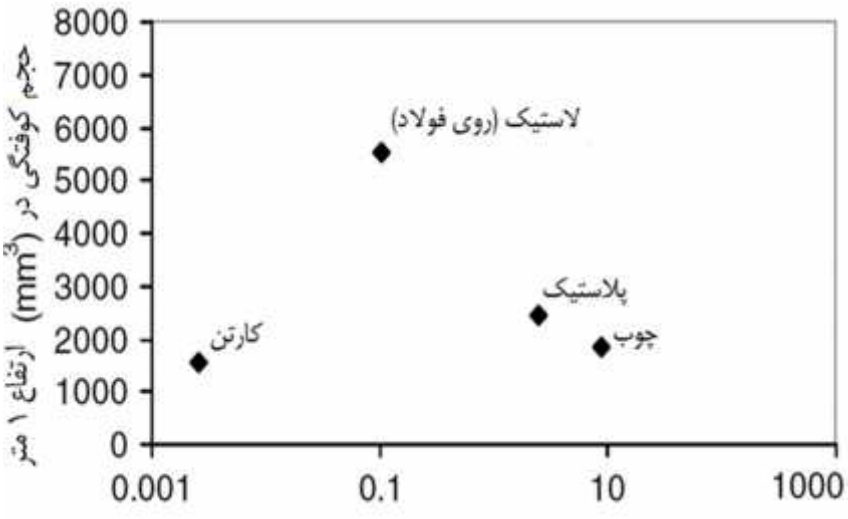
همانطور که در شکل (۴) نشان داده شده بیشترین سطح کوفتگی و حجم کوفتگی روی سطح ضربه‌گیر لاستیک روی فولاد که به دنبال آن پلاستیک، چوب و کارتن می‌باشد. این اطلاعات نشان دادند که تفاوت کوفتگی‌ها برای سطوح مختلف ضربه‌گیر در ارتفاع سقوط یکسان، به سبب ظرفیت بالشتکی مواد ضربه‌گیر می‌باشد. سطوح ضربه‌گیر سخت با جذب انرژی بیشتر سطح کوفتگی بیشتری را نسبت به جنس نرمتر ایجاد می کنند. این نتیجه‌ی بدست آمده با نتایج محققان دیگر مطابقت دارد (Dadashpour, 2012; Lewis et al, 2007). آستانه صنعتی برای سطح کوفتگی (۱۰۰میلیمتر مربع) و همچنین حد آسیب ممکن در مراحل مختلف حمل و نقل انار برای انار رقم ساوه در شکل (۴) رسم شده است. ارتفاع‌های سقوط بحرانی برای انار رقم ساوه بر اساس مقادیر آستانه سطح کوفتگی برای سطوح کارتن، چوب، پلاستیک و لاستیک روی فولاد به ترتیب برابر ۲۶/۶۴، ۱۲/۴۷، ۱۱/۷۱ و ۷/۸۹ سانتی متر تعیین شدند.



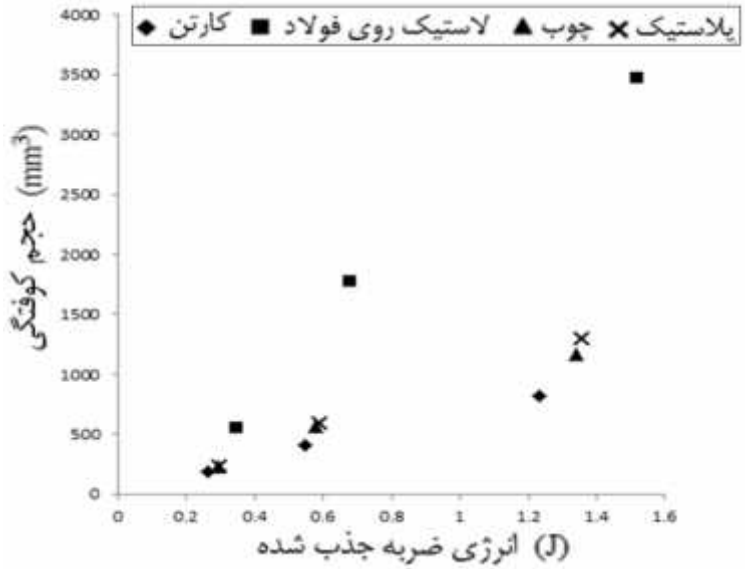
شکل ۳- کوفتگی ناشی از ضربه در برابر مواد ضربه‌گیر مختلف در ارتفاعات سقوط متفاوت برای انار ساوه

شکل (۵) رابطه بین مدول یانگ مواد ضربه گیر و حجم کوفتگی را در ارتفاع سقوط یک متر برای رقم ساوه نشان می‌دهد. روند افزایش حجم کوفتگی با افزایش مدول یانگ (ظرفیت جذب انرژی پایین‌تر) واضح است، تنها لاستیک غیر متعارف است که این مقدار برای لاستیک به‌تنهایی می باشد ولی در حقیقت لاستیک بر روی صفحه فولادی سوار شده است که می‌تواند سفتی مجموع را افزایش داده و به نسبت کوفتگی‌های بیشتری را

بگیرد. داده ها در شکل (۶) چگونگی تغییرات حجم کوفتگی را با انرژی ضربه برای انار رقم ساوه توصیف می‌کند. مقادیر انرژی ضربه بوسیله معادله (۱) تعیین شدند.



شکل ۴- حجم کوفتگی در ارتفاع سقوط ۱ متر در برابر مدول الاستیسیته مواد ضربه‌گیر برای انار ساوه

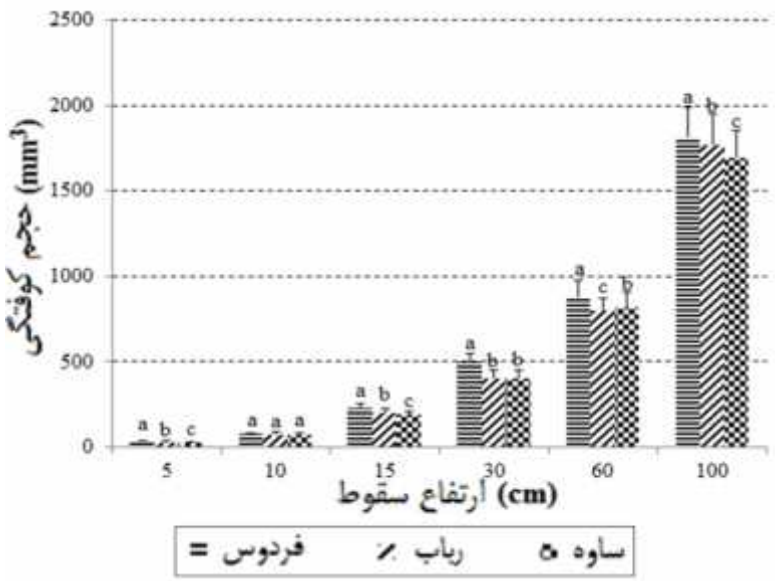


شکل ۵- حجم کوفتگی ناشی از ضربه در برابر انرژی ضربه برای سطوح ضربه‌گیر مختلف (انار رقم ساوه)

تاثیر ارقام انار بر کوفتگی

نتایج نشان داد که افزایش سفتی میوه کوفتگی کمتر را نتیجه خواهد داد. همانطور که در شکل (۷) نشان داده شده است برای سطح ضربه‌گیر کارتن، رقم ساوه با بیشترین سفتی کوفتگی کمتری را در مقایسه با انارهای با سفتی کمتر (رباب و فردوس) به خود اختصاص داد. در ارتباط با تاثیر معکوس سفتی میوه بر حجم کوفتگی

باید نوشته شود که سفتی انار به استحکام مکانیکی پوست، سفتی بافت، ویسکوزیته آب میوه و فشار غشا سلولی میوه بستگی دارد (Ekrami-Rad et al, 2011; Holt, 1970; Lusting & Bernstein, 1987). با کاهش فشار غشا سلولی مقاومت بافت در مقابل ضربه کاهش پیدا کرده و کوفتگی در یک پتانسیل ضربه مشابه بیشتر گسترش می‌یابد. همچنین تاثیر سفتی بر کوفتگی ناشی از ضربه برای سیب و گلابی توسط گارسیا و همکاران (۱۹۹۵) و برای سیب توسط ونزیبروک و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است (Garcia et al, 1995; Van Zeebroeck et al, 2007).



شکل ۷- متوسط حجم کوفتگی ناشی از ضربه در برابر سطح ضربه‌گیر کارتن برای سه رقم انار

نتیجه‌گیری

سطح و حجم کوفتگی انار ناشی از ضربات دینامیکی با رقم انار و سطح ضربه‌گیر زیر آن تغییر می‌کند. با افزایش سفتی انار در نواحی ضربه، حجم کوفتگی کاهش یافت به طوریکه رقم فردوس با کمترین میزان سفتی، حجم کوفتگی بیشتر و رقم ساوه با بیشترین مقدار سفتی، حجم کوفتگی کمتری داشتند. داده‌های تجربی از سطح و حجم‌های کوفتگی برای ضربات انار در برابر سطوح ضربه‌گیر مختلف و برای گستره‌ای ازارتفاعات سقوط میوه بدست آمد. نتایج نشان داد که کوفتگی تقریبا متناسب با ارتفاع سقوط و انرژی ضربه می‌باشد. سطوح ضربه‌گیر سخت سطح کوفتگی بیشتری را نسبت به سطوح ضربه‌گیر نرم‌تر گرفتند. شکل (۵) رابطه بین مدوا الاستیسیته سطوح ضربه‌گیر و حجم کوفتگی را در ارتفاع سقوط یک متر برای انار ملس ساوه نشان می‌دهد. این روند به طور واضح نشان می‌دهد که حجم کوفتگی با بالا رفتن مدول الاستیسیته افزایش می‌یابد. فقط لاستیک غیر عادی می‌باشد، اما در اینجا لاستیک بر روی فولادی که مدول الاستیسیته بالایی دارد سوار شده

است که در نهایت سفتی کلی این سطح ضربه‌گیر را بالا می‌برد، به طوریکه حجم کوفتگی برای هر ارتفاع سقوط در سطح ضربه‌گیر لاستیک روی فولاد بیشترین و در سطح ضربه‌گیر کارتن کمترین مقدار بودند. همچنین اطلاعات بدست آمده با آستانه صنعتی برای مقادیر کوفتگی مقایسه شدند و حد ارتفاعات سقوطی که در آن ارتفاع کوفتگی‌ها (آستانه کوفتگی) پدیدار می‌شود، برای هر سطح ضربه‌گیر نشان داده شده است.

مراجع

۱- گسیلی، ع.، قاسم خانی، س.، موسی پور، س. ۱۳۸۵. دستورالعمل بسته بندی صادراتی انار. دفتر توسعه طراحی و ترویج امور بسته بندی، ص. ۲۴-۲۶.

2- A. Dadashpour. 2012. Application Of Sorting Dependent Criterias In Determination Of Volume And Area Bruising Of "Golab–Kohanz" Apple In Iran. Genetika. vol 44, 177–187.

3- A. F. Bollen, H. X. Nguyen, and B.T. Dela Rue. 1999. Comparison of methods for estimating the bruise volume of apples. Journal of Agricultural Engineering Research, vol 74, 325–330.

4- C. Holt. 1970. Measurement of tomato firmness with a universal testing machine. Journal of Texture Studies. vol 1, 491–501.

5- D. Holland, K. Hatib, and I. Bar-Ya'akov. 2009. Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. Horticultural Reviews. vol 35, 127-192.

6- D. W. Pang, C. J. Studman N. H. Banks. 1994. Apple bruising thresholds for an instrumented sphere. Transactions of the ASAE. vol 37, 893-897.

7- E. Ahmadi, H. R. Ghassemzadeh, M. Sadeghi, M. Moghaddam, S. Zarif Neshat. 2010. The effect of impact and fruit properties on the bruising of peach. Journal of Food Engineering. Vol 97, 110-117.

8- I. Lustig, B. Z. Bernstein. 1987. An improved firmness tester for juicy fruit. HortScience vol 2, 653–655.

9- J. Garcıa, M. Ruiz-Altisent, P. Barreiro. 1995. Factors influencing mechanical prop-erties and bruise susceptibility of apples and pears. Journal of Agricultural Engineering Research. vol 61, 11–18.

10- J. Wang, and B. Teng. 2006. Firmness Evaluation by Drop Impact Characteristics for Peach", International Journal of Food Properties. vol 9, 439-451.

11- J.E. Holt, D. Schoorl. 1997. Bruising and energy dissipation in apples. Journal of Textures Studies. vol 7, 421-432.

12- L.–X. Lu, and Z.–W. Wang. 2007. Dropping Bruise Fragility And Bruise Boundary Of Apple Fruit. Transaction Of The ASABE. vol 50, 1323–1329.

13- M. Ruiz Altisent. 1991. Damage Mechanisms In The Handling Of Fruits. In 'Progress In Agricultural Physics And Engineering' (Ed Matthews J.) CAB International. 231–257.

14- M. Van Zeebroeck, V. Van Linden, P. Darius, B. De Ketelaere, H. Ramon, and E. Tijskens. 2007. The Effect Of Fruit Factors On The Bruise Susceptibility Of Apples. Postharvest Biology And Technology. vol 46, 10–19.

15- N. Ekrami-Rad, J. Khazaei, and M. H. Khoshtaghaza. 2011. Selected Mechanical Properties of Pomegranate Peel and Fruit. International Journal of Food Properties. vol 14, 570-582.

16- N. N. Mohsenin. 1986. Physical Properties Of Plant And Animal Materials. Second Edition. New York; Golden And Beach Science Publisher, USA.
17- R. Lewis, A. Yoxall, L. A. Canty, and E. Reina Romo. 2007. Development Of Engineering Design Tools To Help Reduce Apple Bruising. Journal Of Food Engineering. Vol 83, 356–365.
18- V. Akbarpour, J. Milani, and KH. Hemmati. 2009. Mechanical Property Of Pomegranate Seeds Aspect By Moisture Content. American–Eurasian Journal Of Agricultural And Environmental Sciences. vol 6, 447-453.

Susceptibility of Pomegranate Varieties To Bruising In Postharvest Stages

Abstract

Bruise is a major cause of quality loss for fresh fruit that can be caused by a variety of static and dynamic loads of the fruit against any other object during handling, sorting, packaging and transportation. The main aim of this work was to achieve bruising ability that can be used to optimize the design of harvesting and sorting equipment and packaging media. The results showed that there were obvious differences in bruising between different varieties of pomegranates and impact surface materials. Minimum bruise volume was for Malas-e-Saveh pomegranate variety and the maximum value was for Shishe cap-e-Ferdows pomegranate variety in same counterface materials. Also lowest value of bruising in the same drop heights and pomegranate varieties was for cardboard counterface and highest value of bruising was for rubber on steel counterface in 0.05 significant confidence level. They were also showed the dynamic thresholds for impact bruise to properly control fruits varieties and design appropriate cushioning packaging for pomegranate.

Keywords: Pomegranate, Packaging, Dropping Impact, Bruising.