نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

تاثیر شتاب و فرکانس ارتعاش بر لهیدگی میوهٔ هلو در یک سیستم شبیه ساز ارتعاشی

سحر زارعی[۱*]، رضا طباطبائی کلور[۲]، سید جعفر هاشمی[۲]

۱*- دانشجوی کارشناسی ارشد، مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- به ترتیب دانشیار و استادیار مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

- ایمیل مکاتبه کننده: Sahar.zareei@yahoo.com

چکیده

در فن‌آوری‌های پس از برداشت میوه‌ها، ارتعاشات ناشی از حمل ونقل جاده‌ای یکی ازعوامل موثر بر میزان صدمات وارده به محصولات کشاورزی خصوصاً میوه‌ها می‌باشد. در این تحقیق، اثر شتاب و فرکانس ارتعاش بر کوفتگی میوه هلو رقم آلبرتا در طول حمل و نقل در سیستم شبیه‌ساز جاده‌ای بررسی شد. تاثیر شتاب ارتعاش در دو سطح(۰/۳g و ۰/۵g) و فرکانس ارتعاش نیز در دو سطح(۱۰Hz و ۱۲Hz) بر عمق، سطح و حجم لهیدگی بررسی شد. نتایج نشان داد اثر شتاب بر عمق، سطح و حجم لهیدگی معنی‌دار نیست. اثر فرکانس بر عمق لهیدگی و حجم لهیدگی در سطح ۱درصد معنی‌دار بوده و بر سطح لهیدگی معنی‌دار نمی‌باشد. اثر متقابل آنها بر سطح لهیدگی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و بر عمق لهیدگی و حجم لهیدگی معنی‌دار نمی‌باشد. بطورکل، در حمل و نقل جاده‌ای میوه هلو، با افزایش شتاب و فرکانس ارتعاش صدمات مکانیکی میوه افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: " حمل و نقل"، "شتاب ارتعاش"، "فرکانس ارتعاش"، لهیدگی"، "میوه هلو"

مقدمه

سالانه حدود هفت میلیون تن هلو در جهان تولید می‌شود که بزرگترین تولیدکنندگان آن در جهان به ترتیب عبارتند از: چین، ایتالیا، آمریکا، یونان، فرانسه، ایران، ترکیه، شیلی، اسپانیا و آرژانتین. ایران با تولید سالانه ۶۰۰هزارتن هلو، ۸ درصد از تولید کل این محصول در جهان را به عهده دارد و ششمین تولیدکننده هلو در جهان می‌باشد. این میوه در نقاط مختلف کشور به عمل می‌آید اما در این میان، استان البرز بیشترین تولید و پس از آن استان مازندران دومین تولیدکننده این میوه با ارزش به شمار می‌روند (وزارت جهاد کشاورزی،۱۳۸۸).

سالانه درصد بالایی از محصولات باغی از جمله میوه‌ها بدلیل وجود آسیب‌های مکانیکی تلف می‌شوند یا کیفیت آنها کاهش می‌یابد. این کاهش کیفی که کاهش کمی تولید محصول را در بازار مصرف بدنبال دارد می‌تواند از طریق جلوگیری از بروز این نوع آسیب‌ها با شناخت بهتر عوامل و موقعیتهای وقوع آنها جبران گردد.

از دیدگاه FAO هرگونه تغییر در کیفیت محصول کشاورزی که باعث غیرخوراکی شدن و غیرقابل دسترس شدن و عدم ایمنی آن شده و آنرا برای انسان غیرقابل مصرف نماید، ضایعات تلقی می‌شود (فائو،۲۰۰۵).

حمل و نقل نامناسب میوه‌ها باعث ایجاد آسیب های مکانیکی برروی آنها می‌شود. شکل آسیب بستگی به ساختمان فیزیکی و بیولوژیکی محصول و نوع بار وارده (بار ساکن، متحرک و نوسانی) دارد. مقدار ضایعات بعد از برداشت

میوه‌ها در اثر صدمات مکانیکی با توجه به کیفیت فرآیند حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد تخمین زده می‌شود (بارچی و همکاران،۲۰۰۲). ارتعاشات جاده‌ای باعث تغییر مدول الاستیسیته، تغییر سختی و تغییر در پارامترهای مشخصه خزش و دیگر خواص مکانیکی محصولات کشاورزی از جمله میوه‌ها می‌شوند. در برخی از میوه‌ها مانند سیب و گلابی، آسیب‌های مکانیکی معمولا به صورت ظاهری و به حالت کوفتگی و یا تغییر شکل و رنگ بافت‌های خارجی بوده و به راحتی قابل مشاهده و اندازه گیری است. اما در برخی محصولات دیگر مانند هندوانه به دلیل داشتن پوست ضخیم سطح آن، تشخیص آسیب های مکانیکی غالبا مشکل است و آسیب های مکانیکی ناشی از حمل و نقل اکثرا به صورت نهانی و لهیدگی بافت قرمز و نرم داخلی آن بروز می‌کند که در ظاهر ممکن است میوه سالم باشد ولی بافت داخلی آن کاملا صدمه دیده و نرم شده‌باشد (محسنین‌و همکاران،۱۹۸۶).

غالباً کوفتگی در طی مراحل جابجایی، حمل و نقل، بسته بندی به سبب ضربه رخ می دهد. ضربات مکانیکی بعنوان عامل موثر و اصلی در تلفات پس از برداشت محصولات شناخته شده‌اند. در طی مراحل پس از برداشت بارهای دینامیکی در ایجاد کوفتگی در محصولات بیشتر موثرندچون بارهای دینامیکی از لحاظ مقدار و وقوع اثری بیش از بارهای استاتیکی دارند(کاپفمن‌و همکاران،۲۰۰۶). در سالهای اخیر پژوهشهای متعددی در زمینه آسیبهای ناشی از ضربه بر روی میوه ها و تستهای مربوطه انجام شده است (وان زیبروک‌و همکاران،۲۰۰۶). نوع صدمه‌ای که به میوه وارد می‌شود بستگی به خصوصیات ارتعاش (فرکانس، شتاب و زمان ارتعاش) وارده به میوه دارد که خود این پارامتر نیز بستگی به نوع میوه (خصوصیات ارتعاشی میوه)، نوع وسیله حمل کننده (خصوصیات سیستم فنربندی وسیله)، شرایط جاده، سرعت حرکت وسیله نقلیه، نوع بسته بندی میوه و روش چیدن و موقعیت بسته‌ها یا میوه در داخل مخزن وسیله دارد (برین‌و همکاران،۱۹۷۰).

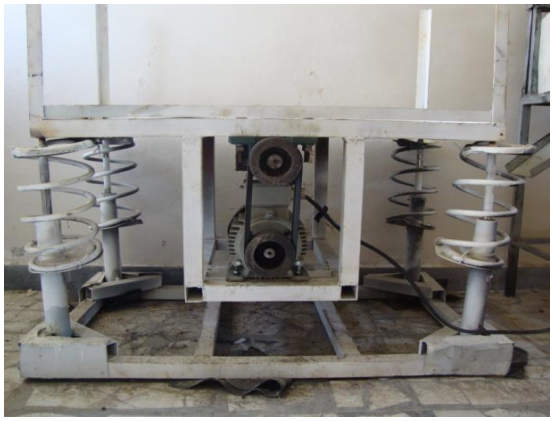
بطور کلی هدف این تحقیق، بررسی اثر شتاب و فرکانس ارتعاش ناشی از حمل و نقل بر سطح، عمق و حجم لهیدگی میوه هلو در یک سیستم شبیه ساز جاده‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش ابتدا ارتعاشات ایجاد شده هنگام حمل و نقل میوه در جاده بر روی بارگیر چند نوع ماشین حمل و نقل از جمله نیسان، کامیونت و کامیون اندازه‌گیری شد. سپس، میانگین شتاب و فرکانس‌های دو مورد از پراکندگی‌ها، که دارای بیشترین درصد فراوانی بودند، برای شبیه سازی ارتعاش در آزمایشگاه انتخاب شدند که عبارت بودند از شتاب‌های ۰/۳g، ۰/۵g و فرکانس‌های ۱۰Hz و ۱۲Hz. برای شبیه سازی ارتعاشات اندازه‌گیری شده درطی حمل و نقل، از دستگاه شبیه ساز ارتعاشات جاده‌ای نشان داده شده (شکل شماره۱) استفاده شد. این دستگاه از یک شاسی، چهار فنر تعلیق، الکتروموتور و سیستم لنگی و اینورتور تشکیل شده است که میزان شتاب ارتعاش و دامنه ارتعاش آن قابل تنظیم است.

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۳ در آزمایشگاه پس از برداشت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. میوه‌های هلو رقم آلبرتا که با دست برداشت شده بود ابتدا به آزمایشگاه مربوطه انتقال یافته و میوه‌های

پوسیده و صدمه دیده جدا شدند. سپس برخی خواص فیزیکی آن محاسبه شد (جدول شماره۱). جرم میوه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. طول، عرض و ضخامت میوه‌ها با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر بدست آمد. ضریب کرویت بااستفاده از روابط ارائه شده توسط محسنین (۱۹۷۸) محاسبه شد. حجم جامد میوه بااستفاده از روش جابجایی مایع و چگالی نیز از تقسیم جرم میوه هلو بر حجم محاسبه شده بدست آمد.



شکل۱– نمای روبرو دستگاه شبیه ساز ارتعاش جاده‌ای.

میوه ها درون جعبه در چند ردیف چیده شد و بر روی میز ارتعاشی دستگاه قرار گرفتند و سعی شد درحد امکان شرایطی مانند حمل در جاده فراهم شود. با استفاده از تنظیم دور الکتروموتور توسط اینورتور میزان فرکانس ارتعاشی و شتاب ارتعاشی توسط حسگر ارتعاشی در میزان مورد نظر تنظیم گردید. ارتعاش در دو مدت زمان برابر به میز اعمال شد. بعد از انجام آزمایش میوه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آزمایشگاه نگهداری شد و نقاط آسیب دیده که به رنگ قهوه ای و یا تیره شده بودند مشخص و سپس ابعاد و عمق لهیدگی میوه‌ها بوسیله کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. سطح و حجم لهیدگی نیز با استفاده از روش ضخامت کوفتگی بیضوی (معادله۱و۲) محاسبه شد. این آزمایش در قالب بلوک‌های کاملا تصادفی و در سه تکرار انجام شد.

$$BA = \pi ab \qquad (1)$$

$$BV = \frac{\pi(h-x)}{24}(12ab + 4(h-x)^2) \qquad (2)$$

جدول۱– خواص فیزیکی نمونه‌های هلو مورد آزمایش

	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات(%)
جرم (g)	۸۰/۳۴۶	۶/۶۸۳	۸/۳۱۸
طول (mm)	۵۵/۶۷۰	۱/۷۸۰	۳/۱۹۷
عرض (mm)	۵۳/۸۸۸	۱/۵۸۶	۲/۹۴۴
ضخامت (mm)	۵۱/۴۷۲	۲/۸۶۷	۵/۵۷۱

ضریب کرویت (%)	۰/۹۶۴	۰/۰۴۴	۴/۶۰۷
حجم جامد (mm^3)	۸۰/۸۶۸	۶/۴۳۹	۷/۹۶۳
چگالی توده (g/mm^3)	۰/۹۹۳	۰/۰۱۶	۱/۷۰۸

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و تجزیه میانگین اثرات اصلی و متقابل فرکانس ارتعاش و شتاب ارتعاش برروی عمق، سطح و حجم لهیدگی به ترتیب در جداول ۲و۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر شتاب بر عمق، سطح و حجم لهیدگی معنی‌دار نبوده و اثر فرکانس بر عمق لهیدگی و حجم لهیدگی در سطح ۱درصد و بر سطح لهیدگی معنی‌دار نمی‌باشد، همچنین اثر متقابل آنها بر سطح لهیدگی در سطح ۵ درصد و بر عمق لهیدگی و حجم لهیدگی معنی‌دار نمی‌باشد.

تجزیه واریانس اثر عوامل شتاب و فرکانس ارتعاش بر عمق، سطح و حجم لهیدگی

	شتاب a(g)	فرکانس f(Hz)	اثر متقابل f×a	خطای آزمایش E	ضریب تغییرات CV
درجهٔ آزادی	۱	۱	۱	۱	۱
عمق لهیدگی (mm)	۰/۸۲۴^{Ns}	۲۱/۸۰۳**	۱/۳۴۳^{Ns}	۱/۶۶۹	۸/۰۰۶
سطح لهیدگی (mm^2)	۶۰۱۷^{Ns}	۱۲۵۰^{Ns}	۸۴۹۸*	۱۶۷۳	۰/۴۴۳
حجم لهیدگی (mm^3)	۱۷۸۶۶^{Ns}	۵۶۷۳۶۵**	۳۳۹۹۵^{Ns}	۶۹۳۵۱	۷/۵۱۲

Ns، * , ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد میباشد

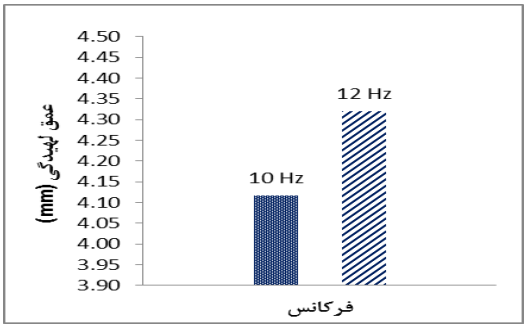
مقایسه میانگین اثر شتاب و فرکانس ارتعاش بر عمق، سطح و حجم لهیدگی

شتاب ارتعاش (g)	فرکانس ارتعاش (Hz)	عمق لهیدگی (%)	سطح لهیدگی (%)	حجم لهیدگی (%)
۰/۳	۱۰	۴/۱۲^{b}	۲۱۵/۲۵^{ab}	۵۱۷/۳۶^{a}
	۱۲	۵/۸۰^{a}	۱۹۸/۸۵^{b}	۶۸۱/۵۷^{a}
۰/۵	۱۰	۴/۱۹^{b}	۲۱۱/۰۳^{ab}	۵۰۲/۷۲^{a}
	۱۲	۵/۲۰^{a}	۲۴۷/۸۵^{a}	۷۷۳/۳۹^{a}

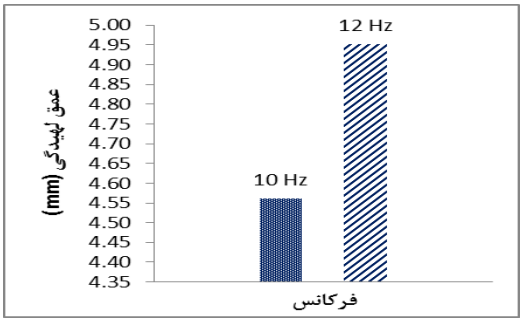
میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، اختلاف معنی‌دار باهم ندارند(Minitab-Tukey).

تأثیر شتاب و فرکانس ارتعاش بر صدمات مکانیکی میوه هلو بر اساس عمق، سطح و حجم لهیدگی میوه‌ها در شکل های ۳ الی ۷ نشان داده شده است. در این نمودارها محور افقی، فرکانس ارتعاش و محور عمودی عمق لهیدگی برحسب میلی‌متر، سطح لهیدگی برحسب میلی‌متر مربع و حجم لهیدگی برحسب میلی‌مترمکعب می‌باشد. در شکل-های ۲و۳ تاثیر فرکانس و شتاب ارتعاش بر عمق لهیدگی آمده است. در شکل۲، در شتاب g ۰/۳، در فرکانس ۱۰Hz ماکزیمم عمق لهیدگی ۴/۱۲ میلی‌مترو در فرکانس ۱۲Hz ماکزیمم عمق لهیدگی ۴/۳۲ میلی‌متراست که نشان می‌دهد در شتاب ۰/۳g باافزایش فرکانس ارتعاش عمق لهیدگی افزایش می‌یابد. در شکل۳، در شتاب g ۰/۵، در فرکانس ۱۰Hz ماکزیمم عمق لهیدگی ۴/۵۶ میلی‌متر و در فرکانس ۱۲Hz ماکزیمم عمق لهیدگی ۴/۹۵ میلی‌متر است.

هردو شکل نشان می‌دهند که با افزایش فرکانس ارتعاش عمق لهیدگی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش شتاب نیز عمق لهیدگی میوه‌ها بیشتر شد.



شکل۲- عمق لهیدگی میوه برحسب فرکانس ارتعاش در شتاب ۰/۳g

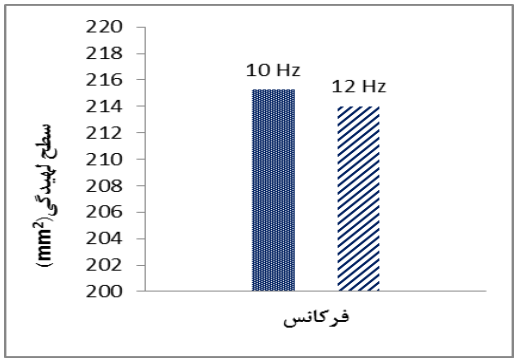


شکل۳- عمق لهیدگی میوه بر فرکانس ارتعاش در شتاب ۰/۵g

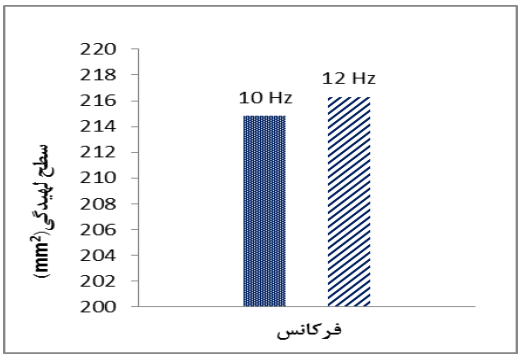
نتایج بدست آمده با تقی‌زاده و همکاران(۱۳۹۰) در تطابق است که گزارش کرده‌بودند در حمل و نقل جاده‌ای میوه کیوی، هرچه شتاب ارتعاشی که وسیله حمل و نقل ایجاد می‌کند بیشتر باشد، آسیب‌های کوفتگی میوه افزایش می-یابد.

سپونیس و باتر فیلد (۱۹۷۴)، میزان ضایعات ناشی از صدمات حمل و نقل گلابی را چهار درصد گزارش کرده‌اند. محسنین (۱۹۷۸)، اثر فرکانس، شتاب و دوره (زمان) ارتعاش بر مقدار صدمات میوه‌ها هنگام حمل و نقل را مؤثر دانسته است.

همچنین، تاثیر شتاب و فرکانس ارتعاش بر سطح و حجم لهیدگی میوه هلو نیز در سه تکرار اندازه گیری شد. داده های بدست آمده درشکل‌های ۴و۵ تغییرات سطح لهیدگی میوه هلو را نشان می‌دهد.



شکل۴- سطح لهیدگی میوه برحسب فرکانس ارتعاش در شتاب ۰/۳ g

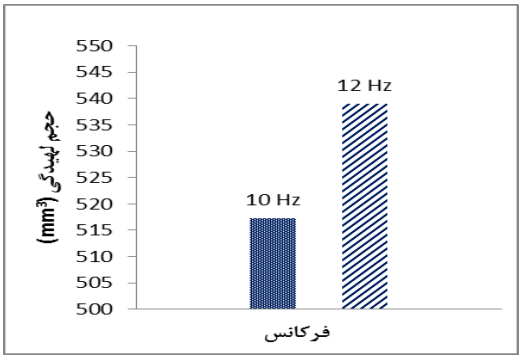


شکل۵- سطح لهیدگی میوه برحسب فرکانس ارتعاش در شتاب ۰/۵ g

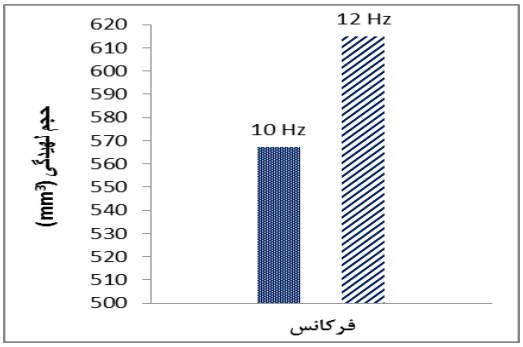
طبق شکل۴، درشتاب ۰/۳ g، در فرکانس ۱۰Hz ماکزیمم سطح لهیدگی ۲۱۵/۲۵ میلی‌متر مربع و در فرکانس ۱۲Hz، ۲۱۳/۹۹ میلی‌متر مربع است. مطابق شکل۵، درشتاب ۰/۵g،درفرکانس ۱۰Hzماکزیمم سطح لهیدگی ۲۱۴/۸۱ میلی‌متر مربع ودرفرکانس ۱۲Hz، ۲۱۶/۲۸میلی‌مترمربع می‌باشد.

طبق جدول تجزیه واریانس مشاهده کردیم که شتاب و فرکانس ارتعاش بر سطح لهیدگی اثر معنی‌داری ندارد. رابطهٔ (۱) نشان می‌دهد که سطح لهیدگی متأثر از طول و عرض ناحیهٔ آسیب دیده است و باتوجه به معنی‌دار نبودن تاثیر شتاب و فرکانس ارتعاش بر سطح لهیدگی، ممکن است طول و عرض ناحیهٔ آسیب دیده لزوماً با افزایش شتاب و فرکانس ارتعاش افزایش نیابد.

نمودارهای اشکال ۶و۷ تاثیر فرکانس و شتاب ارتعاش را برروی تغییرات حجم پوسیدگی نشان می‌دهد.



شکل ۶- حجم لهیدگی میوه برحسب فرکانس ارتعاش در شتاب g ۰/۳



شکل ۷- حجم لهیدگی میوه برحسب فرکانس ارتعاش در شتاب g ۰/۵

در شتاب g ۰/۳، در فرکانس ۱۰Hz ماکزیمم حجم لهیدگی ۵۱۷/۳۶ میلی‌متر مکعب و در فرکانس ۱۲Hz، ۵۳۹/۱۰ میلی‌متر مکعب است.

در شتاب g ۰/۵، در فرکانس ۱۰Hz، ماکزیمم حجم لهیدگی ۵۶۷/۱۱ میلی‌متر مکعب و در فرکانس ۱۲Hz، ۶۱۴/۷۴ میلی‌متر مکعب می‌باشد.

باتوجه به یافته‌های فوق، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش فرکانس ارتعاش، آسیب‌های وارده به میوهٔ هلو افزایش می‌یابد. این نتیجه با گزارش‌های شهبازی و همکاران (۲۰۰۸ و ۲۰۱۰) مطابقت دارد که می‌گویند، میزان آسیب وارده به پوست هندوانه در فرکانس ۱۳Hz بیشتر است تا در فرکانس ۷/۵Hz.

همچنین امیریان و همکاران (۱۳۹۱) با ارتعاش نمونه طالبی در یک سیستم شبیه ساز ارتعاش جاده‌ای مشاهده کردند که میزان کاهش خواص مکانیکی طالبی در زمان ۶۰دقیقه بیشتر از زمان ۳۰دقیقه است که این امر به دلیل تاثیر طولانی‌تر عوامل ارتعاشی بر روی بافت محصول و ایجاد صدمات مکانیکی بیشتر می‌باشد و می‌توان گفت عوامل ارتعاشی با ایجاد خستگی در طالبی باعث کاهش خواص مکانیکی آن شده‌اند.

اگات و همکاران (۱۹۹۹)، گزارش داده‌اند که باافزایش فرکانس ارتعاش، مدول الاستیسیته میوهٔ هلو کاهش می‌یابد، همچنین در این مطالعه کمترین تغییرات مدول الاستیسیته مربوط به زمانی بوده است که از جعبه‌های کاغذی برای حمل میوه استفاده شده است.

بعلاوه، دلیل افزایش آسیب باافزایش شتاب این است که شتاب ارتعاش روی میزان نیرو و قدرت ارتعاش اثر می-گذارد و هرچه شتاب بیشتر باشد قدرت و شدت نیروی وارده نیز زیاد می‌شود، ازاین رو هنگام حمل و نقل میوه اگر شتاب ارتعاشی زیاد باشد، اندازه و شدت نیروهای عمل کننده روی میوه که به صورت نیروهای متناوب است، افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث تخریب بافت‌های میوه و افزایش آسیب‌ها می‌شود.

نتیجه‌گیری

باافزایش شتاب ارتعاش، میزان آسیب‌ها بطور قابل توجهی افزایش می‌یابد و آسیب زمانی زیاد می‌شود که شتاب بالا با فرکانس زیاد همراه باشد.

پیشنهاد می‌شود از وسایل نقلیه‌ای استفاده شود که کمترین شتاب و فرکانس ارتعاش را به جعبه‌ها و به تبع آن به میوه‌ها وارد کنند تا از این طریق تلفات میوه‌ها کاهش پیدا کند.

در نتیجه می‌توان با برنامه‌ریزی‌های درست و مدیریت صحیح پس از برداشت و بسته‌بندی‌های مدرن و استفاده از یافته‌های تحقیقاتی مختص میوهٔ هلو برای صادرات آن به کشورهای دور سرمایه‌گذاری کرد.

منابع و مآخذ

۱. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور تولیدات گیاهی، دفتر امور میوه‌ها، شناسنامه تصویری کیوی، زمستان ۱۳۸۸

۲. کفاشیان، ج ؛ صدرنیا، ح ؛ رامون، ه ؛ تیسکینز، ب. خواص دینامیکی نقاط مختلف میوه در آزمون ضربه. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون.مشهد.

۳. تقی‌زاده،ق؛ طباطبایی،ر؛ هاشمی،ج؛ شهبازی،ف. تاثیر شتاب ارتعاش ناشی از حمل و نقل جاده‌ای بر صدمات میوه کیوی. بیستمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی. سال ۱۳۹۰

4. FAO. 2005 .Annual statistics.Horticultural report. Italy
5. Barchi, G. L., Berardinelli, A., Guarnieri, A., Ragni, L. &Totaro Fila, C. (2002). Damage to loquasts by vibration-simulating intra-state transport.Biosystems Engineering,Vol 82 , 305-312.
6. Mohsenin, N.N., 1986 .Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
7. Kupferman, E. 2006. Minimizing bruising in apples, Postharvest Information Network, Washington State University, Tree Fruit Research and Extension Center.
8. Van Zeebroeck M., Tijskens, E., Dintwa, E., Kafashan, J., Loodts, J., De Baerdemaeker, J. and H. Ramon, 2006. The discrete element method (DEM) to simulate fruit impact damage during transport and handling: Case study of vibration damage during apple bulk transport. Postharvest Biology and Technology. Vol 41(1): 92-100.
9. O'Brien M, & Fridley, R.B. (1970). Measurement of vibrations related to harvesting and handling of fruits and vegetables. Transactions of the ASAE. Vol 13(6), 870 - 873.

Acceleration and vibration impact on peach fruit mechanical damage in a vibrating system simulator

Abstract

In the post-harvest technologies of fruits, due to damage the quality and marketability of fruit will be reduced. Vibration from road transportation is one of the factors affecting the degree of damage to crops, especially fruits. In this study, the effects of acceleration and vibration frequency of peach fruit (Alberta variety) during transportation were tested in a road vibration simulator. Tests were conducted in a completely randomized design with three replications. The effect of vibration acceleration (0.3 g and 0.5 g) and frequency (10 Hz and 12Hz) was investigated on the bruise depth, surface and volume of fruit. Analysis of variance showed that the effects of acceleration on the depth and surface and volume of the bruise was not significant and the effect of frequency on the bruise volume and depth was significant ($p<0.01$). Also, their interactions on the bruise surface was significant ($p<0.05$) but the bruise depth and volume was not significant. In general, during the road transportation an increase in acceleration and frequency the mechanical damage increases.

Keywords:"Transportation", "vibration acceleration", vibration frequency", "bruise", "peach fruit"