مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی جنس جعبه و تعداد ردیف میوه بر خواص مکانیکی میوه شلیل در پاسخ به ارتعاشات شبیه‌سازی‌شده حمل و نقل

مهنوش طالب‌پور[۱]، علی ملکی[۲*]، مجید لشگری[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم ، دانشگاه شهرکرد

۲- دانشیار و عضو هیات علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد

۳- دانشیار و عضو هیات علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه اراک

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۷ /۰۹/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۴

کلمات کلیدی:

حمل ونقل جاده‌ای،

بسامد ارتعاش،

مدول الاستیسیته،

انتقال‌پذیری،

جاذب.

DOI: 10.52547/fsct.18.115. 1

* مسئول مکاتبات:

maleki@ sku.ac.ir

چکیده

ارتعاشات وارد بر میوه‌های در حال حمل می‌تواند هر یک از آسیب‌های ضربه، سایش و فشرده سازی و یا ترکیبی از آنها را به میوه وارد سازد. بافت میوه شلیل در مرحله رسیدگی نرم است بنابراین سبب افزایش حساسیت به آسیب مکانیکی در هنگام حمل و نقل و نگهداری می‌شود. در این پژوهش اثر ارتعاشات شبیه سازی شده حمل و نقل بر کیفیت میوه شلیل با پنج سطح ، سه سطح دامنه، دو نوع جعبه ، سه نوع جاذب بر روی ردیف‌های اول ، دوم و سوم میوه مورد مطالعه قرار گرفته است. ریشه میانگین مربعات شتاب ارتعاش به عنوان معیاری از بزرگی ارتعاش در نظر گرفته شد و درصد انتقال پذیری ارتعاش در تیمارهای مختلف محاسبه شد. همچنین بیشینه تنش و مدول الاستیسیته در نقطه تسلیم نیز محاسبه گردید. نتایج نشان داد که جاذب‌ها در محدوده بسامدی ۵/۷ تا ۷/۵ و ۸/۹ هرتز به ترتیب، هرتز بیشترین و کمترین جذب ارتعاش را داشتند. میوه‌های ردیف اول، دوم و سوم به ترتیب در شتاب‌های ۰/۸ ، ۸/٤ و ٦ متر بر مجذور ثانیه کمترین مقدار انتقال پذیری بیشترین میزان جذب ارتعاش داشتند. کمترین میزان جذب ارتعاش نیز در ردیف اول ، دوم و سوم به ترتیب در شتاب‌های ۲/۳ ، ۵/۱ و ۳/٤ متر بر مجذور ثانیه بدست آمد. لذا پیشنهاد می‌شود برای حمل میوه از جعبه‌های کارتنی که درون آنها جاذب‌های کاغذی قرار داده شده است، استفاده گردد و در هر جعبه، یک ردیف میوه بیشتر چیده نشود.

۱- مقدمه

در فرآیندهای برداشت و پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها مانند فرآیندهای چیدن ، بسته بندی و حمل و نقل، باید به گونه‌ای رفتار شود که بافت میوه آسیب نبیند و دچار خرابی یا لهیدگی‌های موضعی نگردد. این عوارض باعث کم شدن مقاومت مکانیکی میوه و سبزی شده و فساد زود رس آن را به همراه خواهد داشت که باعث کاهش مقبولیت آن برای مصرف کنندگان خواهد شد. بنابراین مدیریت صحیح پس از برداشت و روش‌های مناسب حمل‌ونقل از اهمیت خاصی برخوردار است. بر طبق پژوهش‌های انجام شده، متوسط درصد ضایعات و تلفات میوه و سبزیجات تازه ٤٥ درصد برآورد شده است که ۱۰ درصد از این مقدار در مرحله فرآوری و بسته بندی و ۱۰ درصد آن در بخش حمل و نقل و توزیع است [۱و۲]. نتایج تحقیقات نشان داده است که ضربه و ارتعاش از مهم‌ترین عوامل آسیب مکانیکی محصولات باغی به شمار می‌آیند [۳و٤].

یکی از ویژگی‌های مهم محصولات کشاورزی، حساسیت آن‌ها در برابر آسیب‌های مکانیکی است که از طرف اجزاء متحرک ماشین‌ها در هنگام برداشت، حمل‌ونقل و فرآوری به آن‌ها وارد می‌شود. آسیب وارده به میوه‌ها، سبزی‌ها، دانه‌ها و بذرها در طول زمان برداشت باعث کاهش کیفیت آنها شده و از ارزش این مواد می‌کاهد. علاوه بر این آسیب‌های وارد شده باعث افزایش حساسیت آن‌ها به فساد در طول مدت زمان نگهداری و انبارداری می‌شود. این آسیب‌ها در زمان برداشت و جابجایی آن‌ها می‌تواند به دلیل بارهای ضربه‌ای و نیروهای برشی تولید شده توسط تماس با سطوح سخت ماشین‌ها یا جعبه‌های نگهداری و حمل‌ونقل باشد. میوه‌ها و سبزی‌ها در زمان نگهداری به دلیل نیروهای ساکن استاتیکی و شبه استاتیکی در نقاط تماس با میوه‌های دیگر یا با جعبه‌های نگهداری و حمل‌ونقل، تغییر شکل می‌دهند و صدمه می‌بینند [۵].

یکی از مهم‌ترین خواص مکانیکی میوه‌ها که تغییرات آن می‌تواند مشخص‌کننده میزان صدمه وارده بر میوه باشد مدول الاستیسیته است. رئیسی[٦] اثر پارامترهای ارتعاشی مانند ، شتاب و زمان بر آسیب‌های وارده بر گوجه‌فرنگی را مورد بررسی قرار داد. نتایج بیانگر رابطه معنی‌دار اثر بسامد، شتاب و زمان بر روی مدول الاستیسیته گوجه‌ها بود. با توجه به نتایج بدست آمده با افزایش بسامد و شتاب مقدار مدول الاستیسیته افزایش یافت که این موضوع نشان‌دهنده حساسیت بیشتر گوجه‌ها به بسامد و شتاب پایین است. همچنین در زمان‌های طولانی‌تر ارتعاش، میزان آسیب وارده به بافت گوجه‌ها بیشتر شده و در نتیجه مدول الاستیسیته کاهش بیشتری پیدا می‌کرد.

تقی‌زاده مقدم و همکاران [۷] تاثیر بسامد و شتاب ارتعاش بر آسیب‌های وارده به میوه کیوی در اثر ارتعاشات شبیه‌سازی شده حمل‌ونقل را بررسی کردند. آنها بیان کردند که با افزایش بسامد و شتاب ارتعاش میزان آسیب‌های مکانیکی وارده به میوه‌ها افزایش یافته است.

نا مناسب بودن کامیون یا وسیله حمل و نقل میوه‌ها باعث ارتعاشات بیشتر جعبه‌های حاوی میوه و برخورد آنها با یکدیگر و یا بدنه جعبه‌ها شده که این عامل باعث بروز آسیب‌های فیزیکی و مکانیکی، کاهش مدول الاستیسیته در محدود تسلیم شده و بافت میوه را به سرعت تخریب می‌کند. [۸]. تحقیقات نشان می‌دهد که هنگام حمل‌ونقل سطوح ارتعاش در کف کامیون متفاوت و مقدار آن در عقب کامیون بیشتر از جلوی آن است و باعث صدمه بیشتر به محصول می‌شود، به همین دلیل استفاده از جاذب‌های ارتعاش جهت کاهش ضربه‌های مکانیکی و آسیب توصیه می‌شود[۹].

جهت توسعه روش‌های ارزیابی و شبیه سازی ارتعاشی، بررسی داده‌های متناوب اندازه‌گیری‌شده ارتعاش پژوهش‌های انجام شده هنگام حمل‌ونقل جاده‌ای دارای اهمیت ویژه‌ای هستند[۱۰]. شهبازی و همکاران [۸]، اثر ارتعاشات شبیه‌سازی حمل‌ونقل بر صدمه‌های مربوط به هندوانه را مورد مطالعه قرار دادند و گزارش کردند که میزان ارتعاشات در قسمت‌های عقب و بالای مخزن کامیون بیشتر از سایر نقاط است، با افزایش بسامد ارتعاش و ارتفاع قرارگیری میوه داخل مخزن، صدمه‌ی بیشتری به هندوانه وارد می‌شود. با مقایسه‌ی شرایط جاده‌ای (جاده‌های ناصاف روستایی تا بزرگ‌راه‌ها) و سرعت پیشروی کامیون می‌توان به این نتیجه رسید که سطح جاده و سرعت کامیون نقش معنی‌دار و تاثیر گذاری روی شدت سطوح ارتعاش و همچنین صدمه‌های وارد بر میوه‌ها دارد[۱۱].

گارسیا رومئو مارتینز و همکاران [۱۲]، سطوح ارتعاش را به

عنوان تابعی از سرعت، بار و نوع تعلیق اندازه‌گیری و تحلیل کردند. در این مطالعه از دو نوع سیستم تعلیق فنری و هوایی با دو نوع بار استفاده شد. نتایج نشان داد که سطوح ارتعاش در سیستم تعلیق هوایی کمتر از تعلیق فنری بوده است. همچنین مطالعات انجام شده در آمریکای شمالی نشان داد که سیستم تعلیق هوایی، کارایی بهتر و ارتعاش کمتری نسبت به تریلرهای مجهز به سیستم تعلیق فنری دارند[۱۳].

منصوری و احمدی [۱٤]، اثر شرایط مختلف حمل‌ونقل که شامل دو نوع ماشین با سیستم تعلیق متفاوت (کامیون بادی و فنری)، سه سطح ارتفاع جعبه درون کامیون (کف، وسط و بالا)، دو موقعیت قرارگیری جعبه (اکسل جلو و عقب)، دو محل قرارگیری میوه درون جعبه (ردیف بالا و پایین) و دو نوع جاده آسفالت بزرگراه و آسفالت درجه دوم، را بر میزان انرژی جذب‌شده میوه گوجه‌فرنگی به عنوان شاخص مقاومت به کوفتگی توسط آزمون پاندول مورد ارزیابی قرار دادند. کمترین مقاومت به کوفتگی در موقعیت عقب و بالاترین ارتفاع از کف کامیونت فنری روی آسفالت درجه دوم و بیشترین آن در جعبه‌های واقع روی اکسل جلو سیستم تعلیق بادی در آسفالت بزرگراه مشاهده شد. به طور کلی اکسل عقب هر دو وسیله نقلیه و بالاترین ارتفاع روی آن نامناسب‌ترین مکان برای حمل‌ونقل‌های طولانی مدت میوه‌هاست.

در حمل‌ونقل جاده‌ای میوه‌های کیوی هر چه ارتفاع توده میوه درون جعبه بیشتر باشد، آسیب‌های وارده به میوه‌ها به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد[۱٦و ۱۵]. همچنین بیشینه آسیب وقتی حاصل می‌شود که میوه در بالای یک ستون درون جعبه و بالاترین ارتفاع از کف دستگاه شبیه‌ساز جاده و کامیون قرارگرفته باشد[۱۷].

آزادی حرکت برای لایه‌های فوقانی بزرگ است، اما این آزادی حرکت به سرعت با رفتن به عمق میوه در توده میوه کاهش می‌یابد. بنابراین انتظار می‌رود لایه‌های بالایی در معرض آسیب‌های مکانیکی بیشتری نسبت به لایه‌های پایینی باشند [۸]، پژوهشگرانی نیروهای مکانیکی در طول حمل‌ونقل از زمان برداشت تا مرحله‌ی بازار و همچنین آسیب‌های ناشی از این نیروها را تعیین نمودند. در این مطالعه از جعبه‌های چوبی استفاده شده و نمونه‌های سیب را در سه لایه قرار دادند و نیروهای ارتعاشی و ضربه‌ای در جهت افقی و عمودی محاسبه کردند. برای این کار از ابزارهای محاسبه‌ی سقوط آزاد و نیروهای افقی و ارتعاشی استفاده شد. نتایج نشان داد که همبستگی بین نیروهای مکانیکی و آسیب در دو ارقام سیب خطی بوده و بین رقم‌های سیب همبستگی معنی‌داری یافت شد. همچنین اختلاف معنی‌داری بین آسیب در لایه‌های پایین و بالا در هر رقم سیب مشاهده شد[۱۸].

طبق مطالعه‌ای که بر روی سیب انجام شده نتایج نشان داده است که برای کاهش آسیب وارد بر این میوه در طول فرآیند برداشت و پس از برداشت می‌توان از بسته‌بندی با فوم توری یا تار عنکبوتی استفاده کرد همچنین استفاده از مواد پوشاننده در بسته‌بندی مواد ممکن است بسامد طبیعی میوه را از محدوده بسامد حمل‌ونقل جاده‌ای دور کند و رزونانس ارتعاش و کبودی را برای میوه کاهش دهد[۳]. طبق گزارشی طی حمل‌ونقل گوجه‌فرنگی درصد آسیب ناشی از ارتعاش وارد بر آن در سبد پلاستیکی نسبت به سبد سنتی کمتر بوده است[۱۹].

شلیل با نام علمی Pruuspersica (L.) Batsch, (Var.nectarina) از خانواده گل سرخیان و از میوه‌های فرازگرا است. میوه‌های هلو و شلیل بعد از سیب، بیشترین سطح زیر کشت و تولید را در بین میوه‌های هسته‌دار کشور به خود اختصاص داده‌اند. طبق آخرین آمار منتشر شده از اداره کل آمار و اطلاعات کشاورزی، در سال زراعی ۱۳۹۸ سطح زیر کشت هلو، شلیل و شفتالو در کشور ۹۲۸۵۹ هکتار و مقدار محصول ۱۲٤٦۲۷۷ تن بوده است. این در حالی است که کشت این محصولات در کشور در حال توسعه است. هلو و شلیل غنی از ترکیب‌های فنلی و کارتنوئیدی هستند، که نقش مهمی بر سلامت انسان دارند. میوه‌های هلو و شلیل در تمام مراحل تکامل، چه به صورت رسیده و چه به صورت نارس قابل استفاده هستند. بافت این میوه‌ها در مرحله رسیدگی نرم است. بنابراین برداشت در این مرحله، حساسیت به آسیب مکانیکی در هنگام حمل‌ونقل و نگهداری را بیشتر می‌کند. همچنین امکان عرضه محصول به بازارهای دور دست را کاهش می‌دهد[۲۰].

برای بسته‌بندی میوه‌های هلو و شلیل، اغلب از شانه‌های پلاستیکی استفاده می‌شود. شانه‌های پلاستیکی با فیلم‌های پلی‌پروپیلن بدون سوراخ (ضخامت ٤۰ میکرون) و یا با فیلم‌های

پلی‌اتیلن با دانسیته پائین (ضخامت ۷۰ میکرون با۲۰۰ عدد سوراخ دو میلی‌متری در مترمربع) پوشانده شده‌اند، که این امر سبب کاهش درصد افت وزنی محصول طی حمل به بازارهای دوردست می‌شود[۲۰].

شناخت عوامل اصلی آسیب‌های وارده به میوه‌ها هنگام حمل‌ونقل جاده‌ای و روش‌های اندازه‌گیری و شناسایی این آسیب‌ها با روش‌های متفاوت ضروری است. طبق بررسی‌های انجام گرفته تاکنون تحقیقی در مورد بررسی صدمه‌های وارده به شلیل در فرآیند حمل‌ونقل گزارش نشده است لذا با توجه به اهمیت محصول شلیل، لازم است برنامه‌ریزی دقیقی در جهت بررسی صدمه‌های وارده به این محصول و شناخت عوامل آسیب آن و روش‌های کاهش این عوامل هنگام حمل‌ونقل مشخص و ارائه شود. بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی نوع جعبه حامل و جاذب آن و تعداد مناسب ردیف میوه در بسامدها و دامنه‌های ارتعاشی مختلف برای به حداقل رساندن ضایعات پس از برداشت آن در اثر ارتعاشات حمل‌ونقل است.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- نمونه‌ها

نمونه میوه‌های مورد مطالعه از شلیل رقم دیررس از باغ‌های روستای هوره از توابع شهرستان سامان استان چهارمحال و بختیاری در اواخر مرداد ماه ۱۳۹۶ تهیه و با احتیاط کامل به محل آزمایش انتقال یافت تا صدمه نبینند. نمونه‌ها به صورت یکی یکی و به صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف درخت انتخاب و با احتیاط کامل از درخت چیده شدند. هر نمونه به صورت جداگانه در پوششی از فوم قرار گرفت و در داخل سبدهای حمل میوه قرار گرفتند. هنگام قرار دادن میوه‌ها در سبد سعی شد که مواد جاذب ارتعاش کافی بین آنها قرار گیرد که در فاصله ۳۹ کیلومتری محل برداشت تا آزمایشگاه آسیب نبینند. بلافاصله پس از انتقال میوه‌ها به آزمایشگاه ، آزمایش‌های لازم روی نمونه‌ها انجام شد تا تاثیر شرایط رطوبت و دمای محیط و زمان ماندگاری میوه پس از برداشت بر آن‌ها به کمترین مقدار خود برسد.

۲-۲- روش‌ها

برای شبیه‌سازی ارتعاشات جاده‌ای از دستگاه شبیه‌ساز ارتعاش استفاده شد. این دستگاه در آزمایشگاه گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد طراحی و ساخته شده است. که قابلیت تولید ارتعاشاتی با دامنه تحریک ۱ تا ۱۲ میلمتر و بسامد ۲-۵۰ هرتز را داراست. این دستگاه از سه قسمت شاسی، سیستم انتقال قدرت و صفحه ارتعاش تشکیل شده و توانایی شبیه‌سازی ارتعاشات در دو جهت عمود و هم راستا با جهت حرکت کامیون را دارد (شکل۱). در پایین‌ترین قسمت شاسی سیستم انتقال قدرت سوار شده است و یک صفحه در انتهای آن قرار دارد که می‌تواند همانند کف تریلر یا کامیون حرکت ارتعاشی انجام دهد. در مسیر انتقال قدرت دستگاه ابزارها و تجهیزاتی روی شاسی تعبیه شده است که از طریق آن‌ها می‌توان شدت ارتعاش و جهت حرکت ارتعاشی را تنظیم کرد.

با توجه به ضرورت اندازه‌گیری ارتعاشات در هر یک از جهت‌های مختصاتی، ضروری است که بزرگی ارتعاش منتقل شده به نمونه‌ها به صورت جداگانه اندازه‌گیری و تحلیل شوند تا امکان بررسی ارتعاشات منتقل شده به نمونه‌ها به صورت مستقل وجود داشته باشد. همچین با توجه به اینکه دستگاه شبیه ساز ارتعاش، در هر زمان قابلیت تحریک نمونه‌ها را فقط در یک جهت داشت لذا برای ثبت ارتعاشات از دو حسگر شتاب‌سنج پیزوالکتریک مدل DYTRAN/MODEL 3255A2 به شماره‌های ۱۱۱۷۷ و ۱۱۱۷٦ با محدوده ی بین ۰ تا ۱۰۰۰ هرتز و حساسیت $98.42\ mV/m^2$، ساخت کشور امریکا استفاده شد که یکی از این حسگرها روی میز ارتعاشی و دیگری روی میوه قرار داده شد. داده‌های خروجی از حسگرها توسط کامپیوتر کیفی ثبت شد. شتاب‌های مختلف ورودی از طریق تغییر بسامد (هرتز) و دامنه میز ارتعاشی (میلی‌متر) تولید شد. داده‌های ثبت شده به نرم‌افزار متلب ویرایش ۲۰۱۵ انتقال داده شد و از طریق برنامه‌ی نوشته شده درصد انتقال پذیری ارتعاشات بدست آمد.

در این پژوهش تاثیر عوامل مختلف بر میزان صدمه‌های وارد بر میوه شلیل بررسی شدند. این عوامل عبارت بودند از: ارتعاش (پنج سطح)، دامنه صفحه ارتعاش(سه سطح)، نوع جعبه (کارتنی و پلاستیکی)، نوع جاذب (پلاستیکی ، یونولیتی و کاغذی) و تعداد ردیف‌های میوه شلیل در جعبه (یک، دو و سه ردیفه). مطابق مطالعات انجام شده مدت زمان آزمون‌های ارتعاشی در دو سطح ۱۵ و ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شده است[۲۱].

Fig 1 Road vibration simulation system

زمان ۱۵ دقیقه می‌تواند نماینده حمل میوه در مسافت های متوسط و کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر و ۳۰ دقیقه نماینده مسافت‌های طولانی و بیشتر از ۱۰۰۰ کیلومتر بدون در نظر گرفتن نوع جاده باشد[22]. بنابراین با توجه به طول مسافت جاده‌های ایران که به طور متوسط کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر در نظر گرفته می‌شود، مدت زمان ۱۵ دقیقه برای هر آزمایش انتخاب شد. میانگین ها برای سه دامنه‌ی ارتعاش (۲ ، ٤ و ۸ میلی متر) ٤ ، ۵/۷ ، ۷/۵ ، ۸/۹ و ۱۰/۵ هرتز و میانگین شتاب‌ها نیز ۱/۳ ، ۲/٦ ، ٤/۵ ، ٦/٤ و ۸/۸ متر بر مجذور ثانیه در نظر گرفته شد. با توجه به این که نمونه‌های شلیل انتخاب شده در بازه زمانی محدودی از درخت چیده شد و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شده، دارای سفتی بافت اولیه یکسانی بودند. این نمونه‌ها دارای اندازه و جرم تقریبا برابر بودند که به صورت تک ردیفه، دوردیفه و سه ردیفه در هر یک از جعبه‌های کارتنی و پلاستیکی با هریک از جاذب‌های پلاستیکی ، یونولیتی و کاغذی قرار داده شد.

جعبه کارتنی دارای ابعاد ابعاد ٦/۵×٤۰×٦۰ سانتی‌متر با وزن ٦۰۰ گرم و جعبه‌ی پلاستیکی با ابعاد ۱۵×۲۸×٤۱ سانتی‌متر و وزن ۳۰۰ گرم بود. جعبه‌های پلاستیکی استفاده شده در این پژوهش بدون هیچ گونه تغییری توسط کشاورزان، باغداران، فروشندگان میادین میوه و تره بار و ... جهت بسته‌بندی، نگهداری، حمل‌ونقل انواع میوه‌ها بکار می‌رود.

جاذب استفاده شده در پژوهش شامل انواع پلاستیکی، یونولیتی و کاغذی (شکل ۲) می‌شد. جاذب پلاستیکی ازجنس پلی اتیلن، جاذب‌های یونولیکی از جنس پلی استایرن EPS و جاذب‌های کاغذی از خمیر کاغذ بازیافت شده ساخته شده بودند.

Fig 2 The adsorbents used in this study, plastic, uonolite and paper, respectively

نمونه‌ها به دقت در داخل هر یک از سلول‌های جاذب‌ها که در داخل جعبه‌ها تعبیه شده بودند، قرار گرفتند. بر حسب نوع آزمایش از یک تا سه ردیف میوه در داخل جعبه‌ها چیده شد و سپس روی آن‌ها آزمایش‌های ارتعاشی مورد نظر انجام شد.

۲-۳-دستگاه تست عمومی

میوه شلیل به دلیل هسته دار بودن، صدمه‌های مکانیکی به گوشت آن وارد می‌شود لذا تشخیص آسیب‌های مکانیکی غالباً مشکل بوده و اکثراً به صورت نهانی و لهیدگی قسمت گوشت میوه مشخص می‌شود و احتمال دارد اگر چه میوه در ظاهر سالم باشد، ولی بافت داخلی آن کاملاً صدمه دیده و نرم شده باشد. از جمله نتایج این صدمه‌ها می‌توان به افزایش تنفس، تولید اتیلن و کاهش وزن میوه اشاره کرد[21]. بنابراین از نمونه‌های تحت ارتعاش نمونه‌های مکعبی به ابعاد ۱٦×۱٦×۱٤ میلی‌متر در راستای هسته و عمود بر هسته تهیه و در دستگاه آزمون عمومی کشش مدل سنتام قرار داده شده و به اندازه‌ی ۵۰ درصد ارتفاع نمونه مکعبی تحت بارگذاری قرار گرفت شکل (۳).

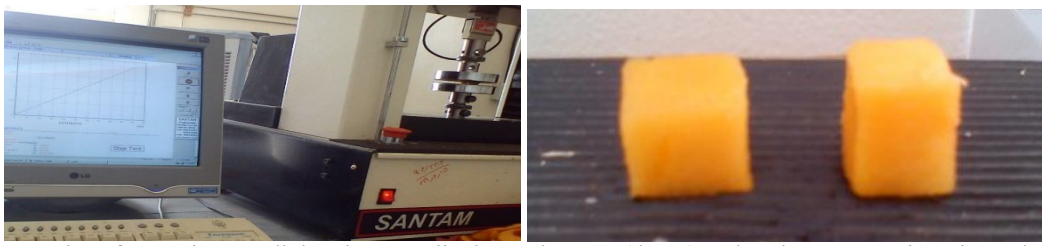

Fig 3 Samples of nectarine parallel and perpendicular to the core (down) and under pressure in universal testing machine (up).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارتعاش

شکل(٤) تاثیر عامل بسامد را بر میانگین انتقال پذیری ارتعاشات را نشان می‌دهد. با افزایش بسامد ارتعاش انتقال پذیری در ابتدا کاهش یافته که نشان از جذب بیشتر ارتعاشات توسط جاذب است اما در ادامه در بسامدهای بالا انتقال‌پذیری بیشتر شده و میزان جذب ارتعاش کمتر شده است این بدان معناست که جاذب در محدوده بسامد خاصی می‌تواند در جذب ارتعاشات وارده موثر باشد. در محدوده ۵/۷ تا ۷/۵ هرتز جذب ارتعاش به بیشترین مقدار خود رسیده و در محدوده ۸/۹ میزان جذب کمترین مقدار بوده است و آسیب بیشتری به شلیل وارد شده است. در این راستا بهشتی و سخاوتی[۲۳]، نیز گزارش نمودند که در بسامد ۷/۵ هرتز بیشترین آسیب را به شلیل می‌رساند، که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد بنابراین جاذب می‌تواند از آسیب وارد بر شلیل تا حدی بکاهد.

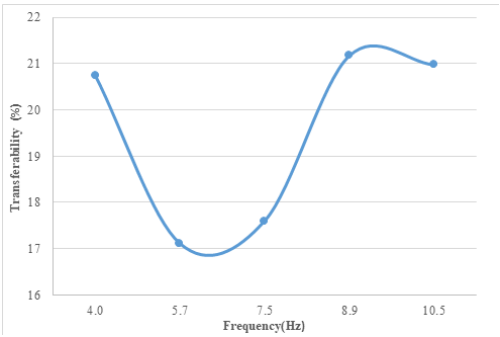

Fig 4 Effect of frequency factor on the mean transmissibility.

شکل (۵، بالا) تاثیر عامل بسامد بر میانگین بیشینه تنش افقی و عمودی را نشان می‌دهد. با افزایش بسامد تنش عمودی ابتدا افزایش سپس در بسامد ۸/۹ هرتز کاهش داشته است که این نشان می‌دهد بافت میوه در این بسامد آسیب دیده است. باتوجه به شکل (٤) چون میزان جذب کمتر و انتقال ارتعاش بیشتر بوده است بنابراین در تنش عمودی کمتری، میوه به راحتی تخریب می‌شود[۲٤]. حداقل تنش افقی در محدوده بسامدی ۵/۷ تا ۷/۵ هرتز است که در شکل (۵) این محدوده کمترین انتقال‌پذیری و بیشترین جذب را داشته است. این در حالیست که رفتار نمودار تنش افقی و عمودی در بسامد بیشتر از ۸/۹ افزایشی بوده است.

شکل (۵، پایین) تاثیر عامل بسامد بر میانگین مدول الاستیسیته افقی و عمودی را نشان می‌دهد. تغییرات رفتار مدول الاستیسیته افقی و عمودی دارای نرخ ثابتی بوده است اما در بسامد ۵/۷ هرتز نوسانی در مدول الاستیسیته عمودی وجود داشت که با توجه به شکل (٤) این محدوده کمترین انتقال‌پذیری و بیشترین جذب را نیز داشت.

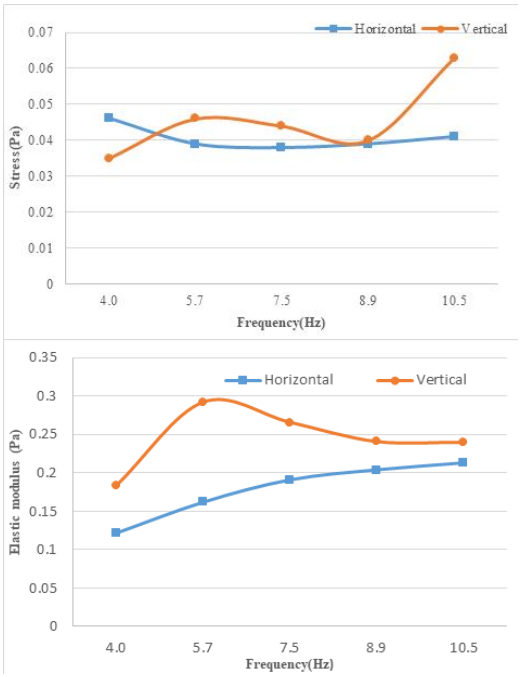

Fig 5 Effect of frequency factor on Maximum horizontal and vertical stress (up) and horizontal and vertical elastic modulus (down)

در بسامد کمتر مدول الاستیسیته عمودی بیشتر بوده چون بافت میوه سفت‌تر است، اما با افزایش بسامد در محدوده ۷/۵ تا ۸/۹ هرتز مدول الاستیسیته عمودی کاهش یافته است، یعنی نیروی کمتری برای آسیب به شلیل لازم است چون ارتعاش بیشتری به شلیل وارد شده است. با توجه به شکل (٤) چون میزان جذب کمتر و انتقال ارتعاش بیشتر بوده است. اما در مدول الاستیسیته افقی نمودار روند افزایشی داشته است یعنی مقداری از ارتعاشات توسط جاذب، جذب شده است زیرا آسیب کمتری به میوه رسیده است. در اثر ارتعاشات ناشی از حمل و نقل جاده‌ای مدول الاستیسیته کاهش می‌یابد. بنابراین بیشتر آسیب‌ها در بسامدها وشتاب‌های پایین‌تر و نیز در زمان‌های ارتعاش بیشتر اتفاق می‌افتد[٦].

۳-۲- دامنه ارتعاش

شکل(٦) تاثیر عامل دامنه ارتعاش بر میانگین انتقال‌پذیری را نشان می‌دهد. دامنه در سه محدوده کم (دومیلی‌متر)، متوسط (چهار میلی‌متر) و زیاد (هشت میلی‌متر) در نظر گرفته شده است. با افزایش دامنه ابتدا انتقال‌پذیری کاهش یافته و سپس افزایش داشته است، حداقل و حداکثر میزان انتقال‌پذیری به ترتیب در دامنه ٤ و ٨ میلیمتر بوده است. بنابراین اگر میزان دامنه از حد مشخصی بیشتر شود میزان جذب کاهش پیدا می‌کند. این در حالی است که تاثیر دامنه ارتعاشات بر میزان آسیب‌دیدگی میوه اندک است. در حالیکه مطابق تحقیقات پژوهشگران برهم‌کنش بسامد و دامنه ارتعاش بر میزان آسیب‌دیدگی میوه تاثیر بسزایی دارد[۲۵].

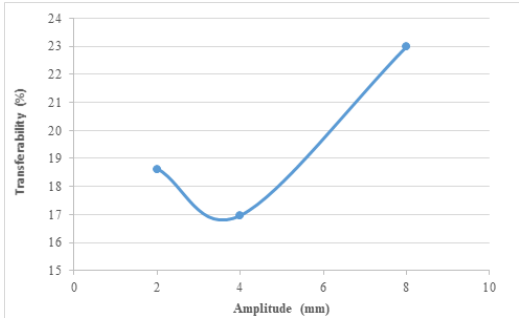

Fig 6 The effect of the amplitude factor on the mean transmissibility.

۳-۳- شتاب

شکل (۷) اثر برهم‌کنش بسامد و دامنه(شتاب) در سطوح عامل تعداد ردیف بر میانگین انتقال‌پذیری را نشان می‌دهد. میزان جذب ارتعاش در ردیف اول کمتر و در ردیف دوم و سوم بیشتر بوده است.

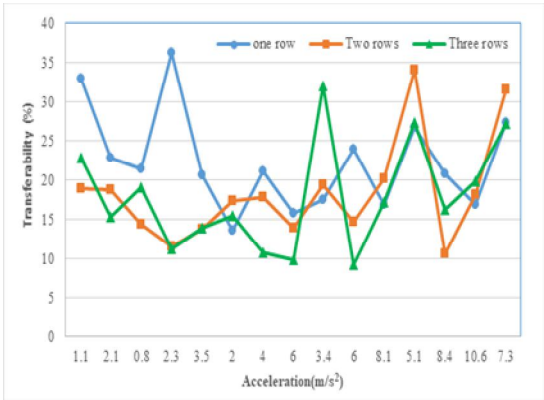

Fig 7 Effect of frequency interchange (acceleration) in three rows on the mean transmissibility.

در ردیف اول در شتاب ۰/۸ متر بر مجذور ثانیه، در ردیف دوم ۸/٤ متر بر مجذور ثانیه و در ردیف سوم ٦ متر بر مجذور ثانیه، کمترین مقدار انتقال پذیری ارتعاشات وجود داشت و میزان جذب به بیشترین مقدار خود رسیده است. کمترین میزان جذب ارتعاش نیز در ردیف اول در شتاب ۲/۳ متر بر مجذور ثانیه، در ردیف دوم در ۵/۱ متر بر مجذور ثانیه و در ردیف سوم در شتاب ۳/٤ متر بر مجذور ثانیه بدست آمد.

۳-٤- جاذب ارتعاش

شکل (۸ بالا) تاثیر نوع جاذب بر میانگین انتقال‌پذیری را نشان می‌دهد. در جاذب کاغذی کمترین و در یونولیت بیشترین مقدار انتقال پذیری بدست آمد. به عبارتی می‌توان گفت که جاذب کاغذی نسبت به سایر جاذب‌ها ارتعاشات بیشتری را جذب می‌کند و یونولیت کمترین ارتعاش را جذب می‌کند[۹]، شکل (۸، پایین) تاثیر نوع جعبه بر میانگین انتقال‌پذیری را نشان می‌دهد. جعبه‌ی کارتنی نسبت به جعبه‌ی پلاستیکی جذب ارتعاشات بیشتری داشته بنابراین می‌توان گفت جعبه‌ی کارتنی نسبت به پلاستیکی مناسب‌تر است[۲٦].

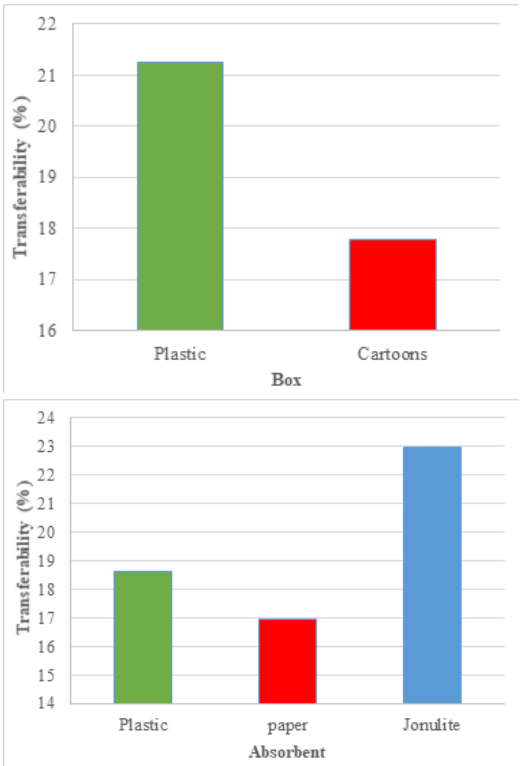

Fig 8 Effect of the box type (up) and absorbent type (down) on the mean transmissibility.

۳-۵- تعداد ردیف‌ها

شکل(۹) تاثیر تعداد ردیف میوه در جعبه‌ها (ارتفاع) را بر میانگین انتقال‌پذیری نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با افزایش ردیف‌ها انتقال پذیری کاهش یافته است. در ردیف اول که انتقال‌پذیری بیشترین مقدار را دارد جذب ارتعاشی کمتر بوده و لذا میوه آسیب بیشتری خواهد دید و در ردیف سوم که انتقال‌پذیری کمترین مقدار را دارد که ناشی از جذب بیشتر ارتعاشات بوده و نشان می‌دهد که شلیل‌های ردیف اول و دوم به همراه جاذب مورد نظر، به عنوان جاذب ارتعاشی برای ردیف سوم عمل کرده است[17].

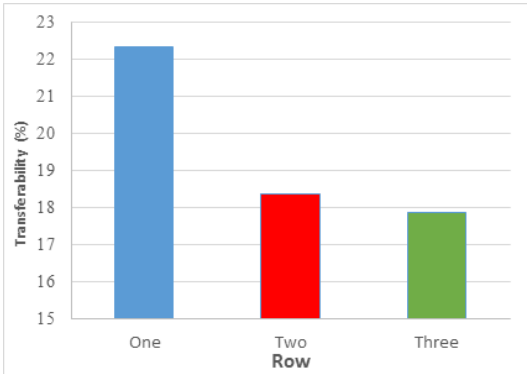

Fig 9 Effect of the number of rows (box height) on the mean transmissibility.

۳-۶-برهمکنش نوع جاذب و تعداد ردیف

شکل(۱۰، بالا) اثر برهم‌کنش نوع جاذب و تعداد ردیف‌ها بر میانگین بیشینه تنش افقی را نشان می‌دهد. تنش افقی برای شلیل‌های ردیف اول و دوم با جاذب پلاستیکی بیشترین و برای جاذب کاغذی کمترین مقدار را داشته، همچنین برای شلیل‌های ردیف سوم بیشترین تنش افقی مربوط به جاذب پلاستیکی و کمترین جاذب یونولیتی است. بنابراین شلیل‌هایی که با جاذب یونولیتی در تماس بودند، مقاومت بیشتری داشته‌اند.

شکل (۱۰، پایین) اثر برهم‌کنش نوع جاذب و تعداد ردیف‌ها بر میانگین بیشینه تنش عمودی را نشان می‌دهد. تنش عمودی برای شلیل‌های ردیف اول و ردیف دوم با جاذب پلاستیکی بیشترین و برای جاذب یونولیتی کمترین مقدار را داشته است و برای شلیل‌های ردیف سوم بیشترین تنش عمودی مربوط به جاذب کاغذی و کمترین مقدار مربوط به جاذب یونولیتی است.

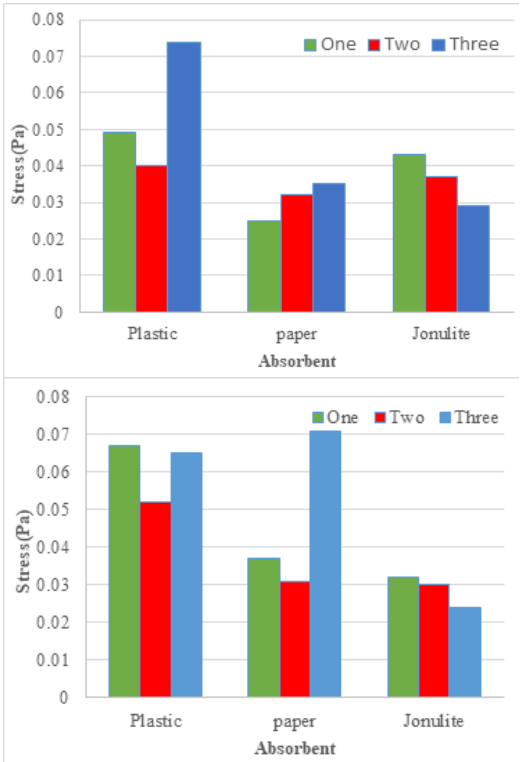

Fig 10 Interaction effects absorbent type and number of rows on the average of maximum horizontal (up), and vertical stress (down).

۳-۷-برهمکنش نوع جعبه و تعداد ردیف

شکل (۱۱، بالا) تاثیر عامل‌های نوع جعبه و تعداد ردیف‌ها بر میانگین مدول الاستیسیته افقی را نشان می‌دهد. مدول الاستیسیته در راستای افقی در جعبه‌ی کارتنی در همه‌ی سطوح با کاهش تعداد ردیف‌ها کاهش داشته است به عبارتی بافت میوه آسیب بیشتری دیده و ارتعاشات کمتری توسط جاذب جذب شده است. این کاهش در جعبه‌ی پلاستیکی بیشتر بوده و گاهی افزایش داشته است که نشان‌دهنده‌ی آسیب بیشتر به میوه شلیل در این نوع جعبه است. طبق تحقیقات انجام شده با افزایش بسامد و شتاب و ارتفاع قرارگیری میوه مدول الاستیسیته میوه کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند[۲۷].

شکل (۱۱، پایین) تاثیر عامل‌های نوع جعبه و تعداد ردیف‌ها بر میانگین مدول الاستیسیته عمودی را نشان می‌دهد. مقدار مدول الاستیسیته عمودی در تمامی سطوح در جعبه‌ی کارتنی بیشتر بوده است.

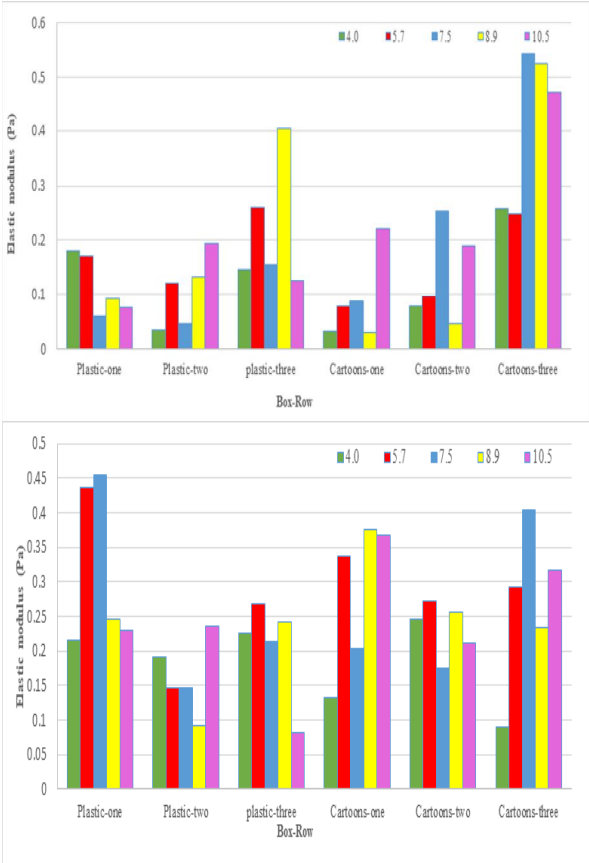

Fig 11 Effect of the interaction of box type agents and the number of rows at different levels of frequency on the mean elastic modulus in horizontal (up) and vertical direction (down).

در هر دو نوع جعبه مدول الاستیسیته عمودی با افزایش تعداد ردیف از یک به دو کاهش داشته که نشان‌دهنده آسیب بیشتر به میوه شده است. باباریسا و لگ [۲۸] بیان داشتند که ارتعاش حمل‌ونقل می‌تواند تا ۳۲ درصد کاهش مدول الاستیسیته میوه را سبب شود، ارتعاش و رسیدگی میوه(بلوغ) دو عامل برای کاهش مدول الاستیسیته است، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

۳-۸- برهمکنش جعبه و جاذب ارتعاش

شکل (۱۲) اثر برهم‌کنش نوع جعبه و جاذب در سه ردیف بر میانگین انتقال‌پذیری را نشان می‌دهد. میزان جذب ارتعاش جعبه‌ی کارتنی در همه‌ی جاذب‌ها برای هر سه ردیف بیشتر از جعبه‌ی پلاستیکی بوده است. در جعبه‌ی پلاستیکی برای دو و سه ردیف میوه، جاذب کاغذی و یونولیتی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار انتقال‌پذیری را داشتند، به عبارتی جذب ارتعاش توسط جاذب بیشتر بوده و برای یک ردیف میوه، جاذب یونولیتی بهتر عمل کرده است.

اما در جعبه‌ی کارتنی این مقدار جذب برای میوه‌های ردیف دوم و سوم در جاذب پلاستیکی بیشتر بوده و برای ردیف اول جاذب کاغذی جذب بیشتری داشته است. در جعبه‌ی پلاستیکی با افزایش تعداد ردیف‌ها در جاذب کاغذی و پلاستیکی میزان جذب بیشتر می‌شود یعنی علاوه بر جاذب شلیل‌های ردیف اول و دوم نیز به عنوان جاذب برای ردیف سوم عمل می‌کنند. در جعبه‌ی کارتنی افزایش تعداد ردیف در جاذب پلاستیکی باعث جذب بیشتر شده است.

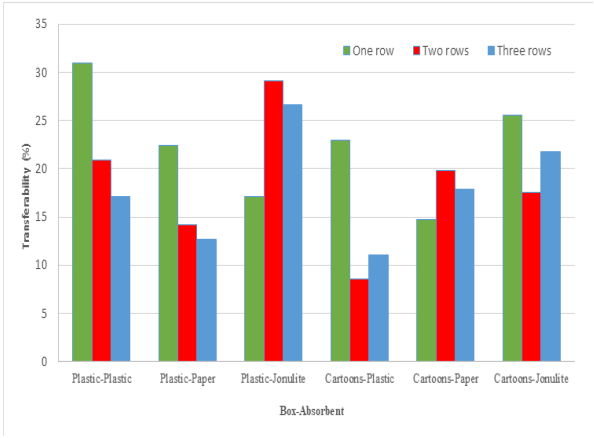

Fig 12 The effect of box and absorbent interaction in three rows on the mean transmissibility.

٤- نتیجه گیری

با توجه به بررسی کلی نمودارها می‌توان به این نکته اشاره کرد که بیشترین میزان انتقال ارتعاشات در بسامد ۸/۹ هرتز رخ داده است که نشان دهنده کمترین جذب ارتعاش در این بسامد بوده است. کمترین میزان جذب ارتعاش به ترتیب در شتاب‌های ۲/۳، ۵/۱ و ۳/٤ متر بر مجذور ثانیه در ردیف‌های اول، دوم و سوم حاصل شده است.

بررسی جاذب‌های نشان داد که جاذب‌های کاغذی کمترین و جاذب‌های یونولیتی بیشترین مقدار انتقال ارتعاش را داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که جاذب‌های کاغذی بیشترین جذب ارتعاشات منتقل شده را داشته‌اند، لذا در حفظ خواص میوه تاثیر بسزایی خواهند داشت.

همین طور جعبه‌ی کارتنی نسبت به جعبه‌ی پلاستیکی جذب

ارتعاشات بیشتری دارد. بنابراین می‌توان گفت جعبه‌ی کارتنی نسبت به پلاستیکی برای حمل میوه مناسب‌تر هستند و با توجه به اینکه با افزایش تعداد ردیف میوه در هر دو جعبه (پلاستیکی و کارتنی)، مدول در ردیف‌های اول و دوم کاهش داشته که به دلیل جذب ارتعاش‌های منتقل شده و نیروی شبه استاتیکی میوه‌های ردیف‌هایی بالایی است، اما در مدول الاستیسیته میوه‌های ردیف سوم تغییر چندانی رخ نداده است. لذا پیشنهاد می‌شود برای حمل میوه از جعبه‌های کارتنی که ترجیحا درون آن‌ها جاذب‌های کاغذی قرار داده شده است، استفاده گردد و در هر جعبه ، یک ردیف میوه بیشتر چیده نشود.

۵-منابع

[1] Anonymous. 2015. Agriculture Database of FAO-STAT, Available on the http://FAOSTAT.FAO.ORG.

[2] Elik, A., Yanik, D.K., Istanbullu, Y., Guzelsoy, N.A., Yavuz, A. and Gogus, F., 2019. Strategies to reduce post-harvest losses for fruits and vegetables. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(3),.29-39.

[3] Eissa, H., Gamaa, G. R, Gomaa, F. R. and Azam, M.M. 2012. Comparison of package cushioning materials to protect vibration damage to golden delicious apples. *International Journal Latest Trends Agriculture Food Science*, 2: 36–57.

[4] Opara, L.U. 2007. Bruise susceptibilities of Gala apples as affected by orchard management practices and harvest date. *Postharvest Biology and Technology*,43: 47–54.

[5] Tavakoli, T. 2008. Agricultural machinery mechanics. Zanjan University Press. [in Persian]

[6] Reiesi. 2014. Study of the effect of vibrations caused by road transport on tomatoes., *First National Agricultural Conference, Environment and food security*. [in Persian]

[7] Taghizadeh Moghaddam, Gh., Hashemi, C., Tabatabaei Clvar, R. and Shahbazi, F. 2012. Investigation the effects of size and stack height of fruit on damage to kiwifruits in simulated vibrations of road transport. *Seventh National Congress on Agricultural Machinery and Mechanization,* Shiraz university, September, 14–16. [in Persian]

[8] Shahbazi, F., Rajabipour, A., Mohtasebi, S. and Rafie, S. 2010. Simulated in-transit vibration damage to watermelons. *Agriculture Science,* 12: 23–34.

[9] Zhou, R.Su.Sh., Yan, L. and Li Y.2007. Effect of transport vibration levels on mechanical damage and physiological responses of huanghua pears. *Postharvest Biology and Technology*, 20-28.

[10] Lu, F., Ishikawa, Y., Kitazawa, H. and Satake, T. 2010. Effect of sampling parameters on shock and vibration levels in truck transport. *Proceedings of the 17th IAPRI World Conference on Packaging,*129-135.

[11] Jarimopas, S., Singh, S. and Saengnil, W. 2005. Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transit. *Packaging Technology and Science,* 18:179–188.

[12] Garcia-Romeu-Martinez, M., Singh, S.P. and Cloquell-Ballester, V.A. 2007. Measurement and analysis of vibration levels for truck transport in spain as a function of payload, suspension and speed. *Packaging Technology and Science*,21: 439–451.

[13] Singh, S.P., Singh, E. and Joneson., 2006. Measurement and analysis of US truck vibration for leaf spring and air ride suspensions, and development of tests to simulate these conditions. *Packaging Technology and Science,* 19(6): 309–323.

[14] Mansori alam, A. and Ahmadi, E. 2017. Investigating and determining road damage to contusion tomato. *Agricultural Machinery,*1. [in Persian]

[15] Van Zeebroeck, M., Tijsken, E., Dintwa, E., Kafashan, J., Loodts, J., De Baerdemaeker, J. and Ramon, H. 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 Technology*, 41(1): 92-100.

[16] Nicolai, B.M. and Tijsknes, E .2007. Impact damage of apples during transport and handling. *Postharvest Biology Technology*, 45: 157-167.

frequency of vibration caused by transportation on the physical properties of nectarine fruit. *second national conference on modern issues in agriculture, Saveh, Islamic Azad University, Saveh Branch.* https://www.civilica.com/Paper-NCNCA02-NCNCA02_072.html

[24] Berardinelli, V., Donati, A., Giunchi, A., Guarnieri, L. and Ragni. 2005. Damage to pears caused by simulated transport. *Journal of Food Engineering,* 66 :219–226.

[25] Loghavi, M. and Mohseni, SH. 2006. The effect of frequency and amplitude of vibration on the separation of linseed fruit. *Iran Agricultural Research,*1-27. [in Persian]

[26] Armstrong, P.R., Stone, M.L. and Brusewiz, G.H. 1977. Nondestructive acoustic and compressive measurements of watermelon for internal damage detection. *Apple Engineering Agricultural*, 13(5): 641-645.

[27] Ogut, H., Peker, A. and Aydin, C. 1999. Simulated transit studies on peaches, effects of container cushion materials & vibration on elasticity modulus. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America*, 30: 59-62.

[28] Babarinsa, F.A. and Lge, T. 2012. Young's modulus for packaged Roma tomatoes under compressive loading. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3: 1-7.

[17] Ranathunga, C.L., Jayaweera, H.H.E., Suraweera, S.K.K., Wattage, S.C., Ruvinda, K.K.D and Ariyaratne T.R. 2010. Vibration effects in vehicular road transportation. *Institute of Physics – Sri Lanka Proceedings of the Technical Sessions*, 26: 9-16.

[18] Acıcan, T., Alibaş, K. and Özelkök, I.S. 2007. Mechanical damage to apples during transport in wooden crates. *Bio system Engineering*,96: 239–248.

[19] Idah, P., Yisa, M. and Chukwu, O. 2012. Morenikeji simulated transport damage study on fresh tomato (lycopersicon esculentum) fruits. *Agriculture Engineering Int: CIGR Journal,* 14: 119–126.

[20] Sharaieyi, P. 2011. Effect of harvesting time and packaging method on quality and control of fungal infection of peach. *Agricultural Engineering Research Institute,*67. [in Persian]

[21] Shahbazi, F.2017. The effect of simulated vibration of transport on weight loss of apricot fruits. *Agricultural Engineering (Journal of Agricultural Science)*, 40(1):58-70. [in Persian] [22] Fischer, D., Craig, W. and Ashby, B.H. 1990. Reducing transportation damage to grapes and strawberries. *Journal of Food Distribution Research*, 21:193-202.

[23] Beheshti, B. and Sekhavati, S. 2013. Investigation of the effect of acceleration and

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the box type and the number of fruit rows on mechanical properties of nectarine in response to simulated transport vibrations

Talebpoor, M.[1], Maleki, A.[2]*, Lashgari, M.[3]

1. M.Sc. student of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Shahrekord University, Iran.
2. Associate professor of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Shahrekord University, Iran.
3. Associate professor of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Arak University, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2018/ 11/ 25
Accepted 2021/ 04/ 03

Keywords:

Road transport,
Vibration frequency,
Modulus of elasticity,
Transmissibility,
Absorber.

DOI: 10.52547/fsct.18.115. 1

*Corresponding Author E-Mail:
maleki@sku.ac.ir

ABSTRACT

Vibrations on imported fruits can cause one of the damage such as impact, wear and compression or a combination of them to the fruit. The nectarine fruit tissue is soft at the soft handling stage, which increases the susceptibility to mechanical damage during transportation and storage. In this study, the effects of simulated transport vibrations on the quality of nectarine fruit with five levels of frequency, three levels of displacement, two types of boxes, three types of adsorbent on the first, second and third rows of fruit have been studied. The root mean square vibration acceleration was considered as a measure of the vibration magnitude and the vibration transferability percentage was calculated in different treatments. In addition, the maximum stress and modulus of elasticity at the yield point were calculated. Results showed the absorbers had the highest and lowest vibration absorption in the frequency range of 5.7 to 7.5 and 8.9 Hz, respectively. The first, second and third rows of fruits had the lowest transmitted and the highest vibration absorption at accelerations of 0.8, 8.4 and 6 ms^{-2}, respectively. The lowest vibration absorption was obtained in the first, second and third rows at accelerations of 2.3, 5.1 and 3.4 ms^{-2}. Therefore, it is recommended to use cardboard boxes with paper absorbers inside to carry the fruit and do not place more than one row of fruit in each box.