

بررسی حساسیت دو رقم زیتون به آسیب ضربه‌ای

پدرام شعاع^{۱*}، عباس همت^۲

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲ - استاد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*Email: pedramshoa@gmail.com

چکیده

برداشت مکانیکی یکی از راه‌های کاهش هزینه‌های تولید و در پی آن کاهش قیمت محصولات کشاورزی می‌باشد. ولی اگر این روند به درستی طی نشود، باعث ایجاد آسیب دیده‌گی و کاهش کیفیت محصول خواهد شد. حساسیت به آسیب دیده‌گی میوه زیتون در واریته‌های مختلف متفاوت بوده و به عواملی چون خواص مکانیکی بافت، دما، درجه رسیدگی، سفتی، شکل و اندازه میوه بستگی دارد. یکی از بهترین روش‌های بررسی حساسیت به آسیب مکانیکی، بدست آوردن حجم آسیب در واحد انرژی مکانیکی جذب شده توسط محصول می‌باشد. حساسیت دو رقم زیتون زرد (*Olea europaea*) و بلیدی (*Olea europaea*) به آسیب ناشی از سقوط آزاد مورد بررسی قرار گرفت. تعداد سه سطح انرژی اولیه ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی ژول برای این امر در نظر گرفته شد. انرژی ضربه از طریق کسر انرژی برگشت که با بررسی فیلم برخورد نمونه با صفحه و بدست آمدن ارتفاع اوج برگشت انجام گرفت استخراج شد. مساحت و حجم آسیب و در پی آن حساسیت به ضربه محاسبه شد. حجم آسیب دیده‌گی با افزایش انرژی افزایش یافت و رقم بلیدی مقاومت بیشتری نسبت به ضربه از خود نشان داد. مدل سازی بین چهار پارامتر انرژی ضربه، سفتی گوشت، شاخص گوشت به هسته، شاخص هسته برای تخمین حجم آسیب انجام شد. مدل با دقتی مناسب ($R^2 = 0.74$) توانایی تخمین حجم آسیب دیده‌گی را در رقم بلیدی داشت. نتایج این تحقیق، به طراحی هرچه بهتر ماشین برداشت و خط تولید زیتون، برای کاهش آسیب از طریق استفاده از لایه‌های جاذب انرژی در نواحی برخورد، کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: انرژی ضربه، برداشت مکانیزه زیتون، حجم آسیب دیده‌گی، حساسیت به ضربه، صدمات مکانیکی

مقدمه

آسیب‌های مکانیکی ضربه‌ای ناشی از برداشت مکانیزه، انتقال یا فرآوری محصولات کشاورزی تازه هرساله باعث کاهش درآمد چشم‌گیری در بخش تولید مواد غذایی می‌شود. زیتون شور کنسروی دومین فرآورده این میوه ارزشمند پس از روغن زیتون می‌باشد که تولید سالانه ۲۲ میلیون تن را در جهان به خود اختصاص می‌دهد (Iooc, 2011). برداشت این محصول در کشورهای تولید کننده بیشتر بصورت دستی انجام می‌گیرد و همین امر موجب کاهش تولید و افزایش هزینه برداشت این محصول فرآوری



شده می‌شود. برداشت مکانیزه این میوه توسط اتصال لرزانده‌ای به تنه درخت انجام می‌گیرد. با ایجاد لرزش، با دامنه و فرکانس مشخص، میوه از شاخه جدا شده و بر روی صفحه جمع‌آوری سقوط می‌کند و این امر اولین مرحله ایجاد آسیب در محصول است (Ortiz *et al.*, 2011). اکثر آسیب‌ها در مرحله برداشت مکانیزه، حمل و نقل و جداسازی به محصول وارد می‌شود که مهم‌ترین عامل ایجاد این آسیب‌ها، ضربه ناشی از سقوط آزاد است (Wilson *et al.*, 1999). امروزه تمایل خریداران به استفاده از میوه‌های سالم و بدون آسیب‌دیدگی افزایش یافته و شرکت‌های تولید مواد خوراکی در تولید محصولات بدون عیب در رقابتی تنگاتنگ قرار دارند (Ferguson *et al.*, 2010). علاوه بر ظاهر نامطلوب میوه، آسیب دیده‌گی باعث رشد باکتری و قارچ‌های بسیار مضر شده و در نتیجه عمر ماندگاری محصول به شدت پایین می‌آید. شدت این امر در میوه زیتون بسیار بالا بوده بطوری‌که پس از گذشت فقط چند ساعت آسیب‌ها قابل رویت می‌شوند. زیتون‌ها برای فرآوری ابتدا در محیط قلیایی (محلول رقیق شده سود) و پس از شسته شدن در محلول نمکی تخمیر خواهند شد. پس از این مرحله زیتون‌های سبز به رنگ سبز مایل به زرد در آمده و آسیب دیده‌گی حتی پس از این مراحل نیز به صورت لکه باقی خواهد ماند (Garrido-Fernandez *et al.*, 1997). هنگامی که نیروی اعمالی به بافت محصولات طبیعی، به روش‌های مختلف، به حد معینی برسد، دیواره بعضی از سلول‌ها دچار پارگی شده و مایعات داخل سلول به بیرون نشت می‌کند. این مایعات، که در مورد میوه زیتون دارای روغن نیز می‌باشند، اکسیده می‌شوند و بسته به شرایط ضربه، با گذشت زمان باعث تیره‌گی رنگ سبز میوه زیتون خواهند شد (Segovia-Bravo *et al.*, 2009). برای کاهش آسیب دیده‌گی در محصولات کشاورزی ابتدا باید حساسیت هر محصول را متناسب با مراحل فرآوری، به انواع بارگذاری بررسی کرد. حساسیت به عوامل مختلفی از جمله وارپته، درجه رسیدگی، خواص مکانیکی بافت، محتوای آبی، دما، ابعاد، شکل و سفتی میوه بستگی دارد. در ابعاد سلولی حساسیت را می‌توان به استحکام و کشسانی دیواره سلول و شکل سلول‌ها مرتبط دانست (Van Linden *et al.*, 2006).

آزمون ضربه را می‌توان به روش برخورد پاندول با میوه و برگشت آن، سقوط آزاد میوه از ارتفاع و سقوط جسم با کرویتی شبیه میوه ولی با جنسی فلزی و یا با خواص مکانیکی مشابه میوه انجام داد. به دلیل کوچکی میوه زیتون پاندول را نمی‌توان به خوبی انجام داد و از طرفی آزمون سقوط آزاد میوه روی یک صفحه بهتر فرآیند آسیب دیده‌گی از مرحله برداشت تا فرآوری را شبیه سازی می‌کند. از آزمون سقوط آزاد برای بررسی محصولات کشاورزی مختلفی نظیر سیب (Lewis *et al.*, 2007)، گلابی (Menesatti and Paglia, 2001)، پرتقال (Ortiz *et al.*, 2011)، زردآلو (De martino *et al.*, 2006) و توت‌فرنگی (Freiria *et al.*, 2008) استفاده شده است.

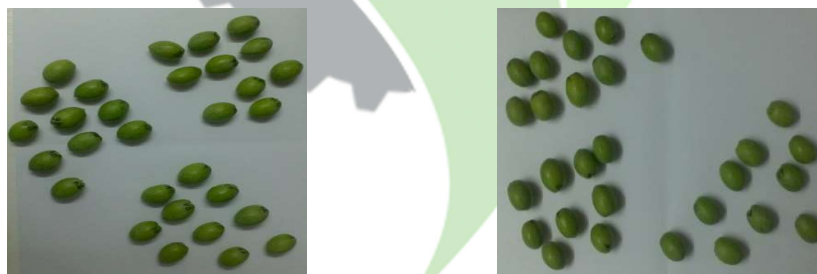
مکانیزم‌های بسیاری برای بررسی اثر ضربه در این شکل از آزمون بر محصولات کشاورزی پیشنهاد شده که در هر کدام دسته‌ای از پارامترها اندازه‌گیری می‌شود. از جمله مهم‌ترین این پارامترها می‌توان به سرعت برخورد و برگشت و بررسی مومنت، ارتفاع برخورد و برگشت و اصل بقای انرژی و نمودار پاسخ نیرویی با زمان و بدست آوردن نیروی بیشینه و زمان تماس اشاره کرد. مقاومت وارپته‌های مختلف سیب‌زمینی به آسیب ناشی از ضربه در سال ۲۰۰۳ مورد بررسی قرار گرفت (Baritelle and Hyde, 2003).



(2003). در یک مطالعه رابطه‌ای برای تخمین میزان آسیب ضربه که توسط یک پاندول شبیه سازی شده بود، ارائه شد. آنها تاثیر دو پارامتر اصلی انرژی ضربه و نیروی بیشینه در نمودار نیرو زمان و تعدادی پارامتر فرعی مانند دما و رسیدگی را بررسی کردند (Van Zebroek *et al.*, 2007). گروهی به بررسی پارامترهای فیزیکی و همچنین حساسیت به ضربه ناشی از سقوط آزاد وارسته-های کشت شده میوه زیتون در ترکیه پرداختند (Saracoglu *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای رابطه بین ابعاد آسیب دیده‌گی در میوه سیب با سرعت برخورد، سرعت بازگشت، نیروی ضربه و زمان تماس با نیروسنج بررسی شد. آنها همچنین صحت اصل بقای مومنت را در این آزمون بررسی کردند. آنها دریافتند که کمترین سرعت هنگام برخورد با صفحه برای ایجاد آسیب در سیب ۲۵ متر بر ثانیه و دو پارامتر انرژی تلف شده و بیشینه نیروی ضربه در فرآیند بیشترین رابطه معنی دار را با ابعاد آسیب دارد (Stropek and Golacki, 2013). یکی از مهمترین مقادیری که می توان از این پارامترها محاسبه نمود، انرژی ضربه می‌باشد. برای استخراج میزان حساسیت به ضربه می‌بایست رابطه‌ی پارامتر فوق را با میزان آسیب بررسی نمود. میزان آسیب عبارت است از سطح، حجم و یا عمق آسیب دیدگی (Saracoglu *et al.*, 2011). هدف از این مطالعه بررسی حساسیت دو رقم میوه زیتون مورد استفاده در نواحی مرکزی ایران به آسیب ضربه‌ای با اندازه‌گیری انرژی جذب شده توسط میوه، میزان سفتی و حجم و سطح آسیب دیده‌گی در این فرآیند است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از دو رقم زیتون زرد و بلیدی (شکل ۱) استفاده شد. نمونه‌ها از یکی از باغ‌های زیتون واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان، در ابتدای روز که میوه‌ها شاداب بودند، برداشت و به آزمایشگاه خواص مکانیکی دانشکده کشاورزی منتقل شد. نمونه‌گیری از هر رقم به تعداد ۳۰ عدد برای سه سطح انرژی و به طور کاملاً تصادفی از همه‌ی نقاط درخت انجام شد.



شکل ۱. رقم زرد سمت راست و رقم بلیدی سمت چپ

برای جلوگیری از ایجاد آسیب خارج از تیمار، برداشت با دست انجام شده و تا محل انجام آزمایشات در پوشش ضربه گیر حمل شدند. آزمایشات در دمای اتاق، حدود ۲۵ درجه سانتیگراد، انجام شد. سامانه‌ای مطابق شکل ۲ برای ایجاد سقوط آزاد تهیه شد. نمونه‌ها در ارتفاع مورد نظر با استفاده از یک پمپ باد و شیر پنوماتیکی که جریان هوا را به مکش تبدیل میکند، ثابت میشدند، بطوریکه سرعت اولیه حرکت برابر صفر باشد.



شکل ۲. سامانه‌ی سقوط آزاد به همراه پس زمینه کالیبراسیون ارتفاع بازگشت

با قطع عبور جریان هوا نمونه‌ها به سمت صفحه‌ی صلب زیرین (با وزن ۱۵ کیلو گرم برای جلوگیری از ارتعاش و تغییر شکل) سقوط می‌کند. یک دوربین دیجیتال (Sony-Cyber shot) با قدرت فیلم برداری ۳۰ فریم بر ثانیه، عمود بر راستای سقوط نمونه‌ها، به همراه یک پس زمینه کالیبره شده برای استخراج ارتفاع برگشت از سطح، مورد استفاده قرار گرفت. سه سطح انرژی پتانسیل ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی ژول برای هر رقم زیتون در نظر گرفته شد و ارتفاع سقوط هر نمونه بر پایه این سطوح انرژی و همچنین وزن آن محاسبه شد:

$$E_p = M_f g H_1 \quad (1)$$

$$H_1 = \frac{E_p}{M_f g} \quad (2)$$

در رابطه‌ی (۱) و (۲) E_p انرژی پتانسیل بر حسب میلی ژول، M_f جرم میوه کامل بر حسب گرم، g شتاب جاذبه زمین (برابر ۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه فرض شد) و H_1 ارتفاع اندازه‌گیری شده بر حسب متر برای هر سطح از سطوح انرژی فرض شده است (Jimenez et al., 2013). طبق قانون پایستگی انرژی، انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل شده و نمونه پس از سقوط با سرعت مشخصی با سطح برخورد می‌کند. مقداری از انرژی جنبشی به انرژی ضربه (کرنشی) تبدیل شده و صرف تخریب دیواره‌ی سلول‌ها می‌شود. قسمت دیگر انرژی که در المان الاستیک نمونه ذخیره شده است پس از زمانی بسیار کوتاه (در حد صدم ثانیه) دوباره به انرژی جنبشی تبدیل شده و باعث بازگشت نمونه تا ارتفاعی معین می‌شود. انرژی ضربه از رابطه زیر بدست می‌آید (Jimenez et al., 2013):

$$E_i = E_p - E_r = M_f g (H_1 - H_2) \quad (3)$$



در رابطه‌ی (۳)، E_i انرژی ضربه، E_r انرژی بازگشت، H_2 ارتفاع بازگشت و بقیه مقادیر مانند رابطه‌ی (۱) می‌باشد. ارتفاع بازگشت با استفاده از یک پس زمینه کالیبره شده به همراه فیلم برداری توسط دوربین ذکر شده و آهسته کردن فیلم بدست آمد. مشخصه‌های فیزیکی وزن، طول و بزرگترین قطر میوه، طول و بزرگترین قطر هسته و بر پایه این مقادیر، شاخص هسته و میوه که از نسبت طول به قطر آنها استخراج می‌شود اندازه‌گیری شد. سطح و حجم آسیب‌ها ۲۴ ساعت پس از سقوط آزاد و ایجاد آسیب، برای گسترش کامل کبودی در زیر پوست میوه، اندازه‌گیری شد. با توجه به شکل ۳ آسیب‌ها بصورت بیضی فرض شده و با بدست آوردن قطر کوچک، قطر بزرگ و عمق میتوان سطح و حجم آسیب را محاسبه نمود (Lewis et al., 2007):

$$BA = \frac{\pi}{4} ab \quad (۴)$$

$$BV = \frac{\pi d}{24} (3ab + 4d^2) \quad (۵)$$



شکل ۳. نمونه آسیب دیده‌گی پس از برداشت ۲ میلی‌متر از سطح میوه

تمامی ابعاد فیزیکی توسط کولیس و ترازوی دیجیتال به ترتیب با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سفتی میوه نیز با استفاده از یک پراب استوانه‌ای با قطر ۲ میلی‌متر، سرعت بارگذاری ۱ میلی‌متر بر ثانیه و فرورفتگی تا عمق ۳ میلی‌متر، توسط دستگاه آزمون جامع کشش و فشار ساخت شرکت ستام ایران اندازه‌گیری شد (Van Linden et al., 2006). برای بررسی سفتی سطوح مختلف میوه آزمون یکبار با میوه دست نخورده انجام شده بطوری که پراب ابتدا به پوست و سپس وارد گوشت میوه می‌شد. سپس قسمتی از پوست میوه گرفته و آزمون در این قسمت نیز تکرار شد. از این نمودار نیروی بیشینه و جابجایی در این نیرو و همچنین نیروی قسمت پایدار انتهای نمودار استخراج شد. تاثیر سطوح انرژی و رقم بر شاخص‌های آسیب ضربه‌ای با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. در صودت معنی‌دار بودن اثر هر عامل آزمایشی، میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد باهم مقایسه شدند.

نتایج و بحث

میانگین مقادیر و مشخصه‌های فیزیکی و خواص مکانیکی اندازه‌گیری شده برای هر دو رقم در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱ می‌توان دریافت که میوه‌های رقم بلیدی از نظر طول و قطر بزرگتر از رقم زرد می‌باشند. همچنین رقم بلیدی

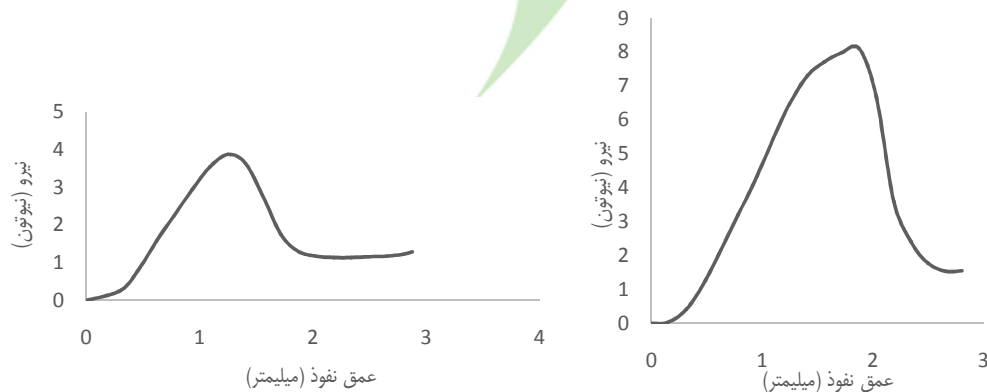


دارای میوه‌های سنگین‌تر با هسته‌هایی بزرگتر از رقم زرد است. ولی به نظر می‌رسد در رقم زرد گوشت میوه در وسط و در رقم بلیدی در دو قسمت انتهایی متمرکز شده است و این نتیجه را از بزرگی شاخص گوشت به هسته در رقم زرد می‌توان دریافت. پارامتر سفتی ذکر شده مربوط به آزمایش با میوه کامل بوده و سفتی گوشت با حذف پوست سطحی می‌باشد.

جدول ۱. خواص فیزیکی و مکانیکی زیتون

بلیدی	زرد	
۴/۵۲	۴/۲۹	وزن میوه (گرم)
۲۵/۱۶	۲۳/۵۶	طول میوه (میلی‌متر)
۱۸/۲۱	۱۷/۹۶	قطر میوه (میلی‌متر)
۱/۳۸	۱/۳۱	شاخص میوه
۱۹/۰۰	۱۷/۰۳	طول هسته (میلی‌متر)
۹/۴۳	۹/۰۶	قطر هسته (میلی‌متر)
۲/۰۱	۱/۸۸	شاخص هسته
۰/۹۴	۰/۹۸	شاخص گوشت به هسته
۶/۷۹	۷/۶۲	سفتی (نیوتون)
۲/۰۲	۱/۹۸	تغییر شکل تا بیشینه نیرو (میلی‌متر)
۳/۴۹	۴/۶۲	سفتی گوشت (نیوتون)

شکل ۴ (الف و ب) به ترتیب نمودار نیرو- تغییر شکل در آزمون سفتی مربوط به میوه دست نخورده و میوه بدون پوست می‌باشد.



شکل ۴. نمودار نیرو تغییر شکل آزمون سفتی (راست- الف و چپ- ب)



وقتی پراب دستگاه شروع به وارد کردن نیرو به میوه با پوست می‌کند با پایین رفتن پراب تا لحظه‌ی پیک هیچ نفوذی داخل میوه رخ نمی‌دهد در حالی که لایه‌ای از گوشت که در زیر پوست قرار دارد دچار آسیب و پاره‌گی در دیواره سلول‌های خود می‌شود و با افزایش نیرو و پاره‌گی پوست، در واقع پراب داخل قسمتی آسیب دیده حرکت می‌کند. پس در میوه‌هایی شبیه زیتون که دارای پوستی مقاوم و کشسان و همچنین قطر گوشت کمی هستند نمی‌توان قسمت انتهایی نمودار میوه با پوست را برابر مقاومت گوشت دانست. ولی در میوه بدون پوست با فرو رفتن پراب داخل گوشت ابتدا با قسمت مزوکارپ^۱ گوشت که مقاومت بیشتری دارد برخورد میکند و سپس وارد اندوکارپ^۲ می‌شود.

با نظر به اینکه آسیب (مطابق شکل ۵) در این دو قسمت قرار دارد، در تحلیل نتایج از سفتی گوشت استفاده شد. واضح است که آسیب دیده‌گی چند میلی‌متر زیر پوست می‌باشد که این فاصله به طور متوسط برای رقم زرد ۱ و برای رقم بلیدی ۲ میلی‌متر بود. با توجه به شکل ۵ میتوان دریافت که فرآیند ضربه بیشتر به قسمت اندوکارپ گوشت آسیب رسانده است. این نتیجه از لایه‌ای بودن آسیب در شکل بدست می‌آید. قسمت اندوکارپ گویی بین دو لایه سخت فشرده شده بود. این دو لایه سخت یکی هسته و دیگری لایه‌ی مزوکارپ می‌باشد. با اعمال ضربه به میوه لایه‌ی مزوکارپ که کشسان و مستحکم تر است لایه‌ی اندوکارپ را بین خود و هسته می‌فشارد. با قطع نیرو این لایه‌ی کشسان به سمت حالت اولیه خود به عقب رفته و لایه‌ی تخریب شده را نیز با خود به سمت عقب می‌کشاند. با حرکت به سمت عقب چون لایه‌ی میانی دارای سلول‌های تخریب شده است از مقطع عرضی خود دچار گسستگی خواهد شد و این امر باعث ایجاد لایه‌ی اسفنجی مانند در وسط قسمت آسیب دیده (اندوکارپ) می‌شود. به دلیل وجود این فضای خالی و یا به عبارت دیگر دارای هوا، اکسیداسیون تسریع یافته و آسیب دیده‌گی در زمان کوتاه‌تری نمایان می‌گردد.

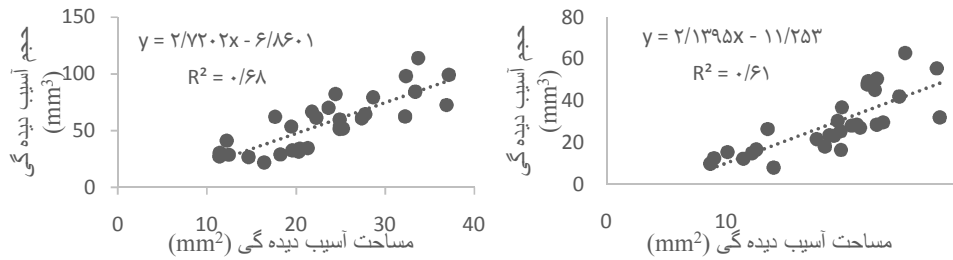


شکل ۵. مقطع عمقی آسیب

شکل ۶- الف و ب بیانگر رابطه بین سطح و حجم آسیب دیده‌گی می‌باشد. رابطه بین حجم و سطح آسیب دیده‌گی در زیتون‌های رقم زرد با ضریب تبیین ($R^2 = ۰/۶۸$) و در رقم بلیدی با ضریب تبیین ($R^2 = ۰/۶۱$) بدست آمد. با بدست آوردن ضرایب معادله خطی برای هر رقم می‌توان زمان آزمایشات را کوتاه نمود.

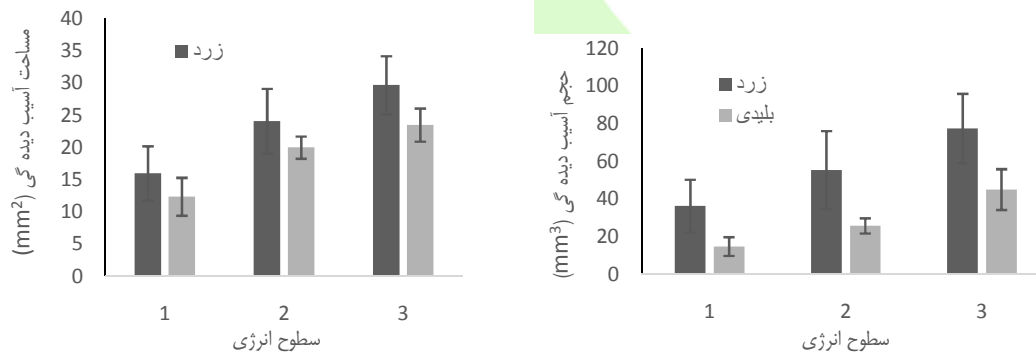
^۱Mesocarp

^۲Endocarp



شکل ۶. رابطه بین سطح و حجم آسیب (الف: راست - رقم بلیدی ب: چپ - رقم زرد)

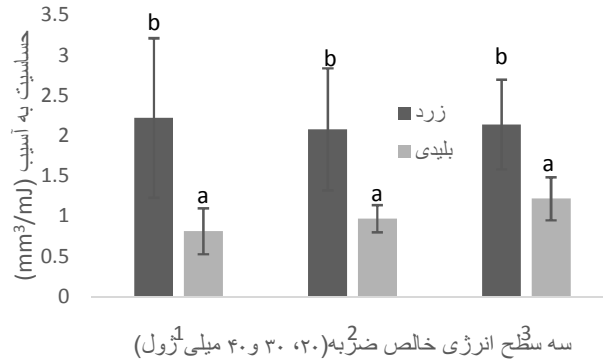
با توجه به شکل ۷ الف که بیانگر رابطه‌ی بین انرژی پتانسیل و حجم آسیب می‌باشد، می‌توان دریافت که آسیب دیده‌گی در رقم بلیدی به سطح انرژی وابستگی قویتری ($R^2 = 0.72$) نسبت به رقم زرد ($R^2 = 0.44$) دارد و وابستگی رقم بلیدی به عوامل دیگر از جمله بافت و دما کمتر است.



شکل ۷. حجم و سطح آسیب در سطوح انرژی سه گانه (راست - الف و چپ - ب)

بر اساس شورای بین‌المللی زیتون آسیب زیتون شامل لکه‌های قابل رویت از روی پوست بوده که مساحت آنها بیش از ۹ میلی‌متر مربع باشد. سطوح آسیب دیده‌گی در این مطالعه از این مقدار عبور کرده است. بین مساحت آسیب و انرژی ضربه برای واریته زرد ($R^2 = 0.59$) و بلیدی ($R^2 = 0.72$) رابطه‌ی معنی‌داری دیده شد. حجم آسیب دیده‌گی به عوامل مختلفی مانند بافت، درجه‌ی رسیدگی، شکل ظاهری میوه، میزان سفتی، دما و بسیاری از موارد علاوه بر واریته و سطح انرژی، بستگی دارد. در این مطالعه سعی شد که بعضی از این عوامل را یا مانند سفتی اندازه‌گیری شود و یا مانند درجه رسیدگی و دما با ثابت نگاه داشتن حذف گردد. تاثیر این عوامل در هر واریته مقدار مشخصی است و هدف از انجام اینگونه مطالعات بررسی میزان این تاثیرات در واریته‌ها و شرایط رشدی هر منطقه است. با بدست آوردن اینگونه داده‌ها می‌توان سامانه‌های برداشت تا فرآوری را بگونه‌ای طراحی نمود که کمترین آسیب و در نتیجه بیشترین بازده را در این بخش ارائه کند.

شکل ۸ بیانگر حساسیت دو رقم زیتون مورد مطالعه به آسیب ناشی از سقوط آزاد است. همانطور که ذکر شد حساسیت به آسیب در این مطالعه از تقسیم حجم آسیب دیده‌گی بر انرژی خالص ضربه بدست آمد.



شکل ۸. نمودار حساسیت به آسیب دیده‌گی در دو رقم و سه سطح انرژی

نتایج آزمون آماری گویای تفاوت حساسیت معنی‌داری بین واریته‌های زیتون در سطوح یکسان انرژی می‌باشد. بین سطوح انرژی در هر واریته تفاوت معنی‌داری در حساسیت به آسیب دیده‌گی دیده نشد. مصداق بارز تاثیر عوامل مختلف را می‌توان در حساسیت به آسیب رقم زرد بین سطوح انرژی در شکل ۸ دید. واضح است که در سطح انرژی ۳۰ میلی ژول حساسیت کمتر از دو سطح انرژی دیگر می‌باشد. درصدی از انرژی اولیه که در غالب انرژی بازگشت آزاد می‌شد نیز رابطه‌ی معنی‌داری با سطح انرژی داشت ولی بین واریته‌ها این رابطه مشاهده نشد.

بسیاری از مطالعات در باب ارائه مدلی کارآمد برای پیش بینی حجم آسیب دیده‌گی با استفاده از اندازه گیری تاثیرات ذکر شده انجام شده است. از جمله مقادیر اندازه گیری شده می‌توان به انرژی ضربه، شاخص هسته و شاخص وزنی گوشت به هسته اشاره کرد (Jimenez et al., 2013). با توجه به اینکه سفتی اثر قابل ملاحظه‌ای بر حجم آسیب می‌گذارد، در این مطالعه با استفاده از چهار پارامتر انرژی ضربه، سفتی، شاخص هسته و شاخص قطری گوشت به هسته برای رقم بلیدی یک مدل درجه یک، برای پیش بینی حجم آسیب، بدست آمد.

$$BRUISE\ VOLUME = 13.27 + 1.42E_i - 1.73FR - 3.18FTS - 7.1\ SI \quad (6)$$

در رابطه‌ی (۶) مقادیر E_i برابر انرژی ضربه بر حسب میلی ژول، FR برابر سفتی نمونه و بر حسب نیوتون، FTS برابر شاخص گوشت به هسته و SI برابر شاخص هسته می‌باشد. مدل رابطه (۶) با دقتی مورد قبول ($R^2 = 0.74$) توانست مقادیر حجم آسیب دیده‌گی را در رقم بلیدی پیش بینی کند.

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه گویای این مطلب است که میزان آسیب به مقدار زیادی به انرژی ضربه وابسته است. با توجه به این نکته برای جلوگیری از ایجاد آسیب در دستگاه برداشت زیتون می‌بایست بر روی صفحات جمع آوری از پوشش‌هایی که جذب انرژی هستند استفاده کرد. این پوشش‌ها نباید انرژی جذب شده را به سرعت و یا کند از دست بدهند زیرا یا موجب فرار میوه به خارج از

دستگاه و یا در برخوردی متوالی ناشی از ریزش زیتون، نتواند انرژی را به خوبی جذب نماید. وارپته و همچنین زمان برداشت تاثیر زیادی بر سفتی میوه دارد و چون در این پژوهش همه‌ی نمونه‌ها در یک زمان برداشت شد این فاکتور رابطه‌ی کمی با حجم آسیب دیده گی داشت. در حساسیت به آسیب رقم زرد حساسیت بیشتری را نسبت به ضربه ناشی از سقوط آزاد از خود نشان داد. پس برای برداشت مکانیزه رقم بلیدی آسیب دیده‌گی کمتر و بازده بهتری را خواهد داشت.

منابع

1. Baritelle, A.L., and G. M. Hyde. 2003. Specific gravity and cultivar effects on potato tuber impact sensitivity. *Postharvest Biology and Technology*. 29, 279–286.
2. De Martino, G., K. Vizovitis, R. Botondi, A. Bellincontro, F. Mencarelli. 2006. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. *Postharvest Biology and Technology*. 39, 38–47.
3. Ferguson, L., U.A. Rosa, S. Castro-Garcia, S.M. Lee, J.X. Guinard, J. Burns, W.H. Krueger, N.V. O'Connell, K. Glozer, 2010. Mechanical harvesting of California table and oil olives. *Advance Horticultural Science*. 24 (1), 53–63.
4. Ferreira, M.D., S.A. Sargent, J.K. Brecht, C.K. Chandler. 2008. Strawberry fruit resistance to simulated handling. *Sci. Agricola*. 65 (5), 490–495.
5. Garrido-Fernández, A., M.J. Fernández-Díaz, R.M. Adams. 1997. *Olives Production and Processing*. Chapman & Hall. London, UK.
6. IOOC, 2011. World Table Olive Figures. International Olive Council, Available from: <http://www.internationaloliveoil.org> (accessed 12.12.11)
7. Jimenez, F., S. Castro-Garcia, G. Blanco-Roldan, L. Ferguson, U. Rosa, J. Gil-Ribes. 2013. Table olive cultivar susceptibility to impact bruising. *Postharvest biology and technology*. 86, 100–106.
8. Lewis, R., A. Yoxall, L.A. Canty, E.R. Romo. 2007. Development of engineering design tools to help reduce apple bruising. *Journal of Food Engineering*. 83 (3), 356–365.
9. Menesatti, P., and G. Paglia. 2001. Postharvest technology: development of a drop damage index of fruit resistance to damage. *Journal of agricultural Engineering Research*. 80 (1), 53–64.
10. Ortiz, C., J. Blasco, S. Balasch, A. Torregrosa. 2011. Shock absorbing surfaces for collecting fruit during the mechanical harvesting of citrus. *Biosystem Engineering*. 110 (1), 2–9.
11. Saracoglu, T., N. Ucer, C. Ozarslan. 2011. Engineering properties and susceptibility to bruising damage of table olive (*Olea europaea*) fruit. *International Journal of Agriculture and Biology*. 13 (5), 801–805.
12. Segovia-Bravo, K.A., M. Jaren-Galan, P. García-García, A. Garrido-Fernández. 2009. Browning reactions in olives: mechanism and polyphenols involved. *Food Chemistry*. 114 (4), 1380–1385.
13. Van Linden, V., N. Scheerlinck, M. Desmet, J. De Baerdemaeker. 2006. Factors that affect tomato bruise development as a result of mechanical impact. *Postharvest Biology and Technology*. 42 (3), 260–270.



14. Van Zeebroeck, M., V. Van Linden, P. Darius, B. De Ketelaere, H. Ramon, E. Tjiskens. 2007. The effect of fruit properties on the bruise susceptibility of tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*. 45 (2), 168-175.
15. Wilson, L.G., M.D. Boyette, E.A. Estes. 1999. Part III: Handling. In: *Postharvest handling and cooling of fresh fruit, vegetables and flowers for small farms*, North Carolina cooperative extension service, Horticulture information leaflet 804.
16. Stropck, Z., and K. Golacki. 2013. The effect of drop height on bruising of selected apple varieties. *Postharvest biology and technology*. 85, 167-172.



Susceptibility of Table Olives to Impact Bruising

Pedram Shoa^{1*} Abbas Hemmat²

1- MS student, Department of Farm Machinery, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

2- Professor, Department of Farm Machinery, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

*Email: pedramshoa@gmail.com

Abstract

Mechanical harvesting reduced the costs of producing and agricultural product prices. but if it doesn't perform properly, bruising came after and fruit quality may be decreased. Bruise susceptibility depends on fruit variety, texture, temperature, degree of ripening, firmness, shape, size and other internal and external parameters. One of the best way to evaluate bruise susceptibility is to calculate the amount of bruise volume per unit of impact energy. The susceptibility to impact bruise of two olive varieties, Bladi (*Olea europaea*) and Yellow (*Olea chrysoxylla*), were studied using impact energy method. Three levels of initial energy were obtained by changing the falling height. Impact energy were measured from the rebound height which obtained by 30 frame per second digital camera. Bruise parameters such as bruise volume and area were measured to calculate bruise susceptibility. A good correlation between bruise volume and impact energy were observed and with increasing impact energy an increasing in bruise volume was observed. Bladi variety was more resistance to impact bruising. A mathematical model with four main parameters that was impact energy, flesh firmness, flesh to stone ratio and stone index was used to predict the bruise volume with a coefficient of determination of $R^2 = 0.74$. The measured parameters help designers to produce harvesting machines with more efficiency to reduce the bruising wastes. They can design energy absorber layers to decrease the amount of energy applied to fruit.

keywords: bruise susceptibility, bruise volume, impact energy, mechanical damage, olive mechanical harvesting.