



شاورزی و منابع طبیعی
دانشگاه تهران

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ
وَالسُّلْطَانُ لِلَّهِ مَنْ فِي السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ
كَفَى بِاللَّهِ شَهِيدًا لِمَا يَصِفُونَ
إِنَّ اللَّهَ لَذِيلٌ لِمَا يَصِفُونَ

مجله مهندسی بیو سیستم ایران

(مجله علوم کشاورزی ایران)

ISSN 2008-4803

۱۳۸۸

شماره ۲۵

دوره ۴

- | | |
|-----|---|
| ۱۱۱ | امین‌الله معصومی، عباس همت و علی شهریان: طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه فشرده ساز مضافع برای کاهش حجم پسته‌های علوفه |
| ۱۱۹ | عباس همت، مجتبی نوری و محمد رضا اخوان صراف: تجهیز تراکتور مسی فرگوسن (MF-285) به حسگرهای اندازه‌گیر فراسنجه‌های عملکردی تراکتور و ادوات جهت استفاده در کشاورزی دقیق |
| ۱۳۱ | علی رشاد صدقی و محمد لغوی: تاثیر رطوبت خاک در خاک ورزی اولیه و سرعت پیشروی در عملیات دیسک زنی بر عملکرد هرس بشقابی به عنوان خاک‌ورز ثانویه |
| ۱۳۹ | لیلا ندرلو، رضا علیمردانی، اسدالله اکرم و پیام جوادی کیا: تعیین ضرایب معادله مقاومت کشش ویژه گاوآهن‌های برگرداندار، بشقابی و قلمی |
| ۱۴۷ | مهدي فيض‌الله نژاد، برات قبادیان، تیمور توکلی هشجین، حسین باقرپور و علی زنوزی: بررسی پارامترهای موثر در آبشویی سوخت بیدیزل |
| ۱۵۵ | سید جواد سجادی، احمد غضنفری مقدم و امین‌رستمی: ارزیابی یک دستگاه هوشمند برای جداسازی پسته با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و تبدیل موجک انکاس صدا |
| ۱۶۳ | حسین مبلی، علی رجبی‌پور، شاهین رفیعی، مجید خانعلی و حسن اخلاقی فر: تعیین مقادیر مقاومتی مؤثر در جداسازی میوه گردو از دمچه |
| ۱۶۹ | حسن صدرنیا، علی رجبی‌پور، علی جعفری، ارژنگ جوادی، یونس مستوفی، توحید باقرپور و مصطفی خجسته نژند: بررسی شکست مکانیکی دو رقم هندوانه در بارگذاری شبه استاتیکی |
| ۱۷۵ | حمید رضا گازر: مدل سازی سیتیک خشک شدن کلنزا در خشک کن بستر سیال |
| ۱۸۵ | سیده شادی میرزا نی، علیرضا بصیری و آرزو اصفهانی: تعیین منحنی‌های همدماهی جذبی خرما رقم استعماران و برآش مدل‌های مختلف برای آن |

بررسی شکست مکانیکی دو رقم هندوانه در بارگذاری شبه استاتیکی

حسن صدرنیا^۱، علی رجبی پور^۲، علی جعفری^۳، ارزنگ جوادی^۴، یونس مستوفی^۵، توحید باقرپور^۶ و مصطفی خجسته نژند^۷

^۱. استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲. ^۲. د. دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دانشگاه تهران، ۴. دانشیار پژوهش، دانشگاه تهران

۶. دانشجویان سلوق کارشناسی ارشد بردهی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۶/۸/۲۱ - تاریخ تصویب: ۸۷/۱۲/۲۴)

چکیده

هندوانه همانند بسیاری از میوه‌های دیگر در مخازن توده‌ای جا به جا و نگهداری می‌شود. عمق مناسب مخزن توده‌ای باید به گونه‌ای انتخاب گردد که سبب آسیب و شکستگی میوه‌های لایه پایین نگردد. تحقیق حاضر به منظور تعیین و مقایسه خواص مکانیکی دو رقم هندوانه در بارگذاری شبه استاتیکی جهت دسترسی به پارامترهای مورد استفاده در حمل و نقل و انتبارداری صورت گرفته است. بدین منظور از آزمایش فاکتوریل $2 \times 3 \times 2$ (جهت بارگذاری × اندازه × رقم) در قالب طرح کامل‌تصادفی با ۵ نکار استفاده گردید. در هر آزمایش متغیرهای نیروی شکست، تعییر شکل شکست و ضخامت بوست اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که جهت بارگذاری بر نیروی شکست مؤثر است. مقدار نیروی شکست میوه هندوانه در جهت طولی، بطور معنی داری کمتر از مقدار آن در جهت عرضی بود. در حالی که اثر اندازه بر نیرو و تعییر شکل شکست در سطح یک درصد معنی دار نشد. همچنین نتایج نشان دادند که تاثیر رقم بر نیرو و تعییر شکل شکست در سطح یک درصد معنی دار است. میانگین نیروی شکست برای رقم چارلسون گری ۱/۱ کیلو نیوتون و برای رقم کریمسون سوتیت ۱/۸ کیلو نیوتون به دست آمد. بررسی اثر ضخامت بوست بر خواص مکانیکی در ارتفاع و اندازه‌های مختلف نشان داد افزایش ۵ میلی متر در ضخامت بوست می‌تواند نیروی شکست را نا ۷۰ درصد افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: نیروی شکست، تعییر شکل شکست، آسیب مکانیکی، ضخامت بوست هندوانه، حمل و نقل میوه

مقدمه

استاندارد محموله هندوانه باید عاری از آسیب دیدگی باشد و در صورت مشاهده یک هندوانه آسیب دیده در نمونه ۱۰ تابی به دست آمده از محموله، کل محموله مردود خواهد بود. طبق این استاندارد، آسیب دیدگی هندوانه عبارت است از " آثار ناشی از عوامل مکانیکی مانند شکستگی، ترکیدگی و له شدگی". در استاندارد ملی شماره ۳۶۹۷ شاخص‌های فیزیولوژیکی هندوانه رسیده بیان شده است.

بررسی بژوهش‌های انجام شده تاکنون در مورد خواص مکانیکی و آسیب دیدگی محصولات کشاورزی نشان می‌دهد بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه مربوط به محصولاتی از قبیل سبب و سبب زمینی است و در مورد خصوصیات مکانیکی و آسیب دیدگی مکانیکی هندوانه تحقیقات کمی مشاهده گردید. Sadrnia et al. (۲۰۰۶) خواص فیزیکی و مکانیکی بافت میوه هندوانه را در دو رقم چارلسون گری و کریمسون سوتیت مورد مطالعه قرار دادند و گزارش نمودند که اندازه و رقم تاثیر معنی داری بر خواص مکانیکی بافت دارند. Laurier (۲۰۰۴) در طراحی ماشین آب‌گیری هندوانه به بررسی نحوه شکست بوست

بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات از جمله هندوانه در مخازن توده‌ای جا به جا و نگهداری می‌شوند. ارتفاع مخازن میوه بر فشار وارد به لایه‌های پایینی مؤثر است که باید در محاسبات طراحی این گونه مخازن لحاظ گردد. با تعیین و بررسی روابط بین نیرو و تعییر شکل میوه تا نقطه تسلیم و شکست می‌توان عمق مناسب مخزن را به گونه‌ای تعیین نمود که به میوه‌های لایه پایین آسیب کمتری وارد شود.

در ایران به دلیل اهمیت هندوانه از نظر صادرات برای کشور، دو استاندارد ملی به شماره‌های ۲۷۱ و ۳۶۹۷ برای محصول هندوانه تدوین گردیده است (Institute of Standards and Industrial Research of Iran 1995, 1996). هدف از استاندارد ملی شماره ۲۷۱، تعیین ویژگی‌ها، بسته‌بندی، نشانه‌گذاری، نمونه برداری و آزمون هندوانه است. مطابق این

مزروعه واقع در بخش جواد آباد شهرستان ورامین در اوخر تیرماه ۱۳۸۴ تهیه شدند. نمونه‌ها سپس به سرخانه گروه باگبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل و در دمای ۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۹۰-۸۵ درصد به مدت یک هفته نگهداری شدند. نمونه‌ها در یک لایه به صورتی که جریان هوا به راحتی در میان آنها جریان می‌یافتد قرار داده شدند. به طور مرتب نمونه‌ها مورد بازبینی قرار می‌گرفتند و در صورت مشاهده بیماری و یا آسیب به بیرون سرخانه منتقل می‌گردیدند. با توجه به اینکه عوامل متعددی از قبیل رطوبت، رسیدگی و انبارمانی بر خواص مکانیکی محصولات کشاورزی تأثیر می‌گذارند، لذا باید در طی مراحل آزمایش جهت بررسی فاکتورهای موردنظر سایر عوامل را ثابت نگه داشت. یکی از عوامل موثر که توسط بسیاری از محققین اثر آن بر خواص مکانیکی معنی‌دار گزارش شده، سطح رسیدگی میوه است (Ozer et al., 1998; Sugiyama, 1998; Mohsenin, 1986; Sitkei, 1986). به منظور تهیه نمونه‌ها در سطح رسیدگی یکسان از شاخص‌های تغییر فیزیولوژی میوه هندوانه استفاده گردید. نشانه‌هایی از قبیل روشن شدن سطح بوست، شروع خشکیدن نزدیکترین پیچک میوه و جداشدن آسان دم از میوه را می‌توان برای تشخیص رسیدن هندوانه استفاده نمود. هم‌زمانی برداشت از مزروعه نیز در تهیه نمونه‌های یکنواخت از نظر فیزیولوژی، روشی کاملاً مورد تأیید است.

به منظور تهیه اطلاعات از رفتار نیرو-تغییر شکل میوه کامل هندوانه، آزمون بارگذاری شبه استانیکی برروی میوه کامل انجام گرفت. یکی دیگر از اهداف این آزمایش بررسی اثر رقم، اندازه و جهت بارگذاری بر نیروی شکست (F_u) و تغییر شکل شکست (I_d) میوه کامل هندوانه بود. آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت و اثرات رقم (در دو سطح به نام‌های چارلستون گری و کریمسون سوئیت)، اندازه (در سه سطح جرمی با میانگین ۷/۱، ۵/۲ و ۳/۸ کیلوگرم) و جهت بارگذاری (در دو جهت طولی و عرضی) بر نیروی شکست و تغییر شکل شکست میوه کامل هندوانه مطالعه شدند. هر آزمایش ۵ مرتبه تکرار شد. منظور از بارگذاری طولی در این آزمایش، هم‌راستا بودن بردار نیرو در جهت محور سر و دم نمونه (بزرگترین قطر نمونه) است. بارگذاری عرضی نمونه در جهت کوچکترین قطر نمونه صورت گرفت (شکل ۱).

برای بارگذاری نمونه‌ها از دستگاه کشش‌خشار هیدرولیکی، مدل ۱۰۲۲ ز۱۰ ساخت شرکت آملر سوئیس^۱ استفاده گردید. دستگاه دارای دو فک می‌باشد که فک پایینی

هندوانه پرداخت و مقدار نیروی برشی بوست هندوانه را ۵۰ نیوتون گزارش نمود. در این تحقیق استفاده از مانیشن مزروعه‌ای آبگیری هندوانه جهت کاهش هزینه‌های حمل و نقل محصول به کارخانه توصیه شده است. Diezma-Iglesias et al. (۲۰۰۴) با استفاده از پاسخ صوتی ضربه^۲ در میوه هندوانه، آسیب دیدگی بافت داخلی را مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که استفاده از پاسخ صوتی ضربه می‌تواند به عنوان یک روش غیر مخبر برای تشخیص آسیب دیدگی بافت داخلی هندوانه بکار رود. Milesi & Kolkar (۲۰۰۴) ضخامت بوست واریته‌های مختلف میوه هندوانه را مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که میانگین ضخامت بوست در محور استوایی ارقام مختلف میوه هندوانه می‌تواند از ۰/۶ تا ۲/۸ سانتی‌متر به ترتیب برای رقم‌های التراکول^۳ و پنتیت پرفکشن^۴ تغییر کند. Boyhan et al. (۱۹۹۹) روش‌های مختلف بسته بندی هندوانه را با یکدیگر مقایسه نمودند و نتیجه گرفتند که استفاده از روش بسته‌بندی جعبه‌ای (با ظرفیت سه، چهار و یا پنج عدد هندوانه) نسبت به روش مخازن توده‌ای (با ظرفیت متوسط ۵۰ عدد هندوانه) به مقدار ۲۲٪ تلفات را کاهش می‌دهد. Cardenas-Weber et al. (۱۹۹۱) رفتار نیرو-تغییر شکل میوه کامل طالبی رقم سوبراستار^۵ را مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که معادلات هرتز^۶ نمی‌توانند بخوبی تغییر شکل میوه کامل را پیش‌بینی کنند. در این تحقیق نیروی شکست میوه کامل طالبی در رقم مذکور به طور میانگین ۵۳۵ نیوتون گزارش شد.

با توجه به کمبود اطلاعات در خصوص خواص مکانیکی هندوانه‌های تولید داخل، هدف از تحقیق حاضر بررسی شکست مکانیکی میوه کامل هندوانه و تأثیر فاکتور رقم و اندازه بر نیروی و تغییر شکل شکست این محصول در بارگذاری شبه استانیکی است. همچنین ضمن اندازه‌گیری ضخامت بوست، اثر آن بر نیرو و تغییر شکل شکست مطالعه خواهد شد.

مواد و روش‌ها

با نظر کارشناسان مرکز تحقیقات سیزی و صیفی وزارت جهاد کشاورزی دو رقم هندوانه به نام‌های چارلستون گری^۷ و کریمسون سوئیت^۸ که به صورت تجاری و در سطح گسترده‌ای در کشور کشت می‌شوند انتخاب شدند. به منظور تهیه نمونه‌های سالم و بدون آسیب دیدگی، نمونه‌ها مستقیماً با مراجمه به

1. Acoustic impulse response

2. Ultra cool

3. Petite Prefection

4. Superstar

5. Hertz

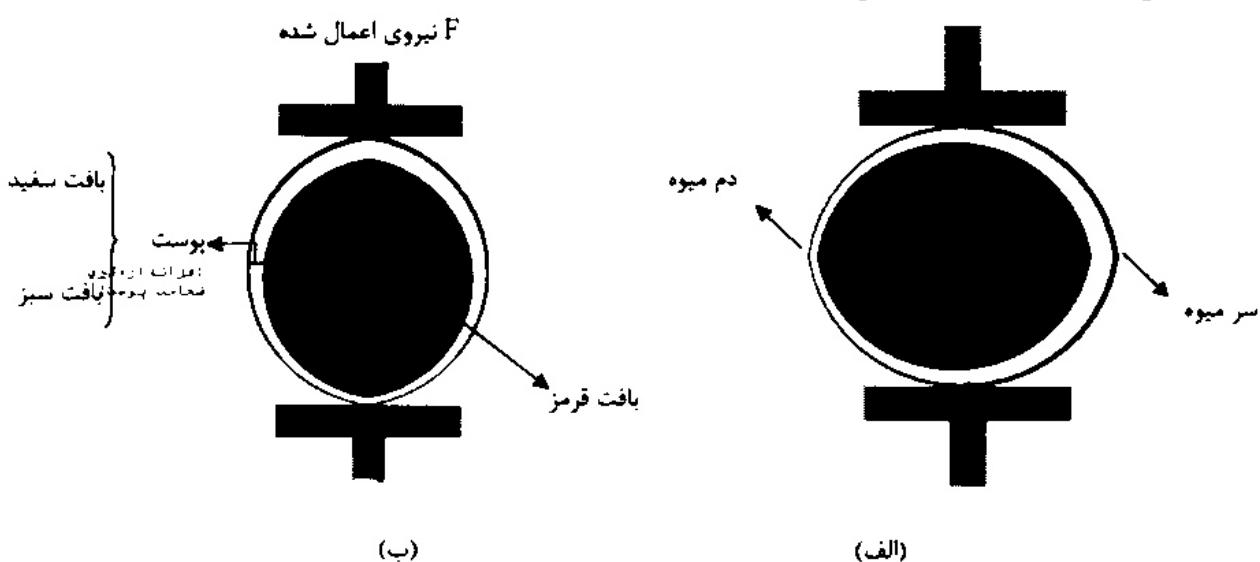
6. Charleston gray

7. Crimson sweet

عوامل رفتار غیرخطی سازه‌ها است. همچنین در نمودار نیرو-تفییرشکل بارگذاری میوه کامل هندوانه، نقطه تسلیم و نقطه شکست به صورت مجزا مشاهده نمی‌شود و در واقع این دو نقطه بر روی هم قرار دارند که شبیه رفتار مواد ترد در بارگذاری است و می‌تواند ناشی از تردی پوست میوه هندوانه باشد (شکل ۲). این نقطه در تمام نمونه‌ها در اثر شکستگی پوست هندوانه به وجود می‌آمد و حداقل نیروی قابل تحمل توسط میوه هندوانه بود. البته با اعمال ضریب اطمینان مناسب (بارگذاری طولی ۱۰ و بارگذاری عرضی ۵) می‌توان نیروی شکست حاصل از این تحقیق را به نیروی مجاز بارگذاری نیز تبدیل نمود (Sadnia et al., 2008).

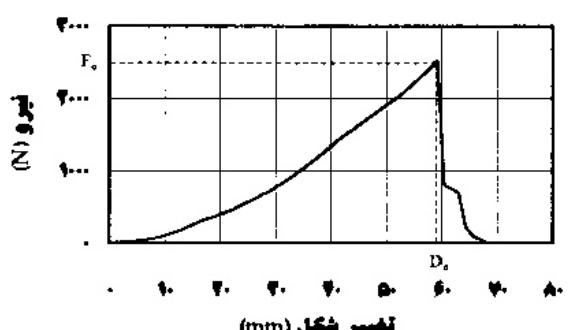
متحرک و فک بالایی ثابت است. نیروی اعمال شده بر روی نمونه توسط عقربه روی صفحه نشانگر قابل نمایش است. همچنین این دستگاه مجهز به رسام جهت ترسیم نمودارهای نیرو-تفییر مکان است. سرعت حرکت فک متحرک دستگاه با کمک شیر هیدرولیکی قابل تنظیم است. در این تحقیق سرعت حرکت فک متحرک ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه، مطابق استاندارد ۳۶۸/۴ انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا برای آزمون مواد غذایی، انتخاب گردید (ASAE, 2006).

بررسی روند تغییرات نیرو-تفییر شکل، حکایت از غیرخطی بودن آن دارد به طوری که در ابتدای بارگذاری شبیه منحنی کم بوده و بتدریج افزایش می‌یابد. دلیل آن احتمالاً تغییرشکل هندسی میوه در حین بارگذاری می‌باشد که یکی از



شکل ۱- طرحواره بارگذاری شبیه استانیکی میوه هندوانه در دو جهت (الف) عرضی (ب) طولی

پوست هندوانه در ارقام مورد بررسی در قسمت سر میوه حدود سه برابر ضخامت آن در قسمت دم میوه است. این بررسی نشان می‌دهد سطوح برش عمود بر قطر بزرگ (محور سر - دم میوه) دارای ضخامت یکسان و بدون تغییرات هستند. در سطح برش عمود بر قطر بزرگ در محور استوایی ضخامت پوست برابر میانگین ضخامت پوست قسمت سر میوه و دم است. شایان ذکر است ضخامت پوست هندوانه یکی از فاکتورهای اصلی انتخاب این میوه جهت حمل به مسافت طولانی و صادرات است (Kindya et al., 1982).



شکل ۲- نمودار نیرو - تغییر شکل در بارگذاری عرضی رقم کریم‌سون سوئیت. D_{\max} و F_{\max} به ترتیب تغییر شکل و نیرو در نقطه شکست

نتایج و بحث

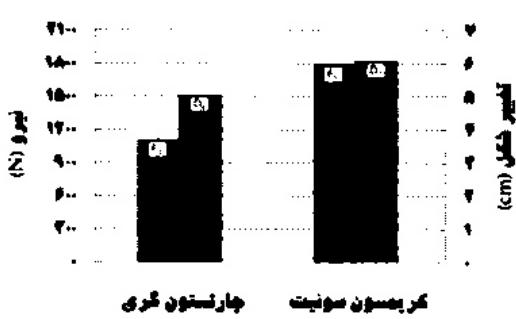
مقادیر تغییر شکل شکست (D_{\max}) و نیروی شکست (F_{\max}) حاصل از بارگذاری میوه کامل هندوانه در دو جهت طولی و عرضی برای هندوانه‌های چارلسون گری و کریم‌سون سوئیت به ترتیب در جدول‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است. همان‌طور

با توجه به اینکه ضخامت پوست هندوانه می‌تواند تأثیر به سزاوی بر نتایج بارگذاری شبیه استانیکی داشته باشد، پس از آنکه نمونه‌ها شکافته شدند ضخامت پوست (۱) در قسمت میانی، با استفاده از کولیس با دقیق ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. بررسی سطوح مقاطع برش داده شده نشان می‌دهد ضخامت

هندوانه در سطح ۱٪ معنی دار بوده است. با توجه به اینکه اثرات متقابل فاکتورها بر نیروی شکست معنی دار نمی باشد بنابراین با مقایسه میانگین نیروهای شکست در هر رقم می توان نتیجه گرفت هندوانه رقم کریمsson سوئیت در مقابل بارهای خارجی دارای تحمل بیشتری نسبت به رقم چارلستون گری است (شکل ۳). نتایج آنالیز واریانس داده ها همچنین نشان داد تأثیر فاکتورهای اصلی رقم، اندازه و جهتبارگذاری و اثر متقابل رقم در جهت بارگذاری بر تغییر شکل شکست میوه هندوانه معنی دار است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر رقم، اندازه و جهت بارگذاری بر نیرو و تغییر شکل شکست

	نیروی شکست	مجموع	درجه	متتابع تغییرات
F مقدار	F مقدار	مجموع	ازدی	
مربعات	مربعات	مربعات		
۲۱/-۰*	۱۶/۷۵	۵۱/۷۹**	۷۴۲۴۲	۱ فاکتور A
۴/۵۱*	۲/۸۷	۲/۷۴***	۷۸۲۲	۲ فاکتور B
-۰/۸۳*	-۰/۳۸	-۰/۵۸***	۱۶۶۵	۳ اثر متقابل A-B
۲۸/-۰*	۲/-۰۳	۲۷/۵۳**	۳۹۵۲۶	۱ فاکتور C
۱۵/۶۲**	۰/۴۴	-۰/۴۶***	۵۱۶	۱ اثر متقابل A-C
۱/۹۳*	۰/۱۱	-۰/۲۰***	۵۲۲	۲ اثر متقابل B-C
-۰/۷۸***	-۰/۸۵	-۰/۲۰***	۵۶۸	۲ اثر متقابل ABC
	۲۵/۹۴	۶۸۹-۰	۹۸	خطای آزمایش
** اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۱				
* اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵				
*** اختلاف معنی دار وجود ندارد				



شکل ۳- مقایسه نیروی شکست (F_y) و تغییر شکل شکست (F) در دو رقم هندوانه کریمsson سوئیت و چارلستون گری

با توجه به اینکه جهت بارگذاری بر نیروی شکست در سطح یک درصد معنی دار بوده است و اثرات متقابل اختلاف معنی داری را نشان نمی دهند می توان نتیجه گرفت که در هر دو رقم هندوانه، اثر فاکتور جهت بارگذاری مستقل از سایر فاکتورها به یک اندازه بر تحمل میوه در مقابل نیروهای خارجی موثر است. مقایسه میانگین های نیروی شکست در هر دو رقم به روش آزمون دانکن نشان می دهد در هر دو رقم میوه هندوانه

که از این جداول پیدا است هندوانه رقم کریمsson سوئیت در جهت عرضی با تحمل ۲۳۰۷ نیوتون بیشترین نیروی شکست را در مقایسه با سایر نمونه ها داشته است. همچنین هندوانه رقم چارلستون گری در جهت طولی با تحمل ۸۶۷ نیوتون کمترین نیروی شکست را نشان می دهد.

جدول ۱- مقادیر نیروی شکست، تغییر شکل شکست و ضخامت پوست در رقم چارلستون گری

وضعیت بارگذاری	اندازه طول	نیروی شکست تغییر شکل شکست ضخامت پوست (mm)	D₀ (cm)	F₀ (N)
طول	بزرگ	۲۹۲	۸۶۷	
	متوسط	۴۵۴	۹۱۵	
	کوچک	۵۰۰	۸۷۹	
	میانگین	۷۱۴	۸۸۷	
عرض	بزرگ	۵۸	۱۲۵۲	
	متوسط	۵۱۶	۱۲۷۷	
	کوچک	۷۸	۱۱۹۹	
	میانگین	۵۲۵	۱۳۳۲	

جدول ۲- مقادیر نیروی شکست، تغییر شکل شکست و ضخامت پوست در رقم گریمsson سوئیت

وضعیت بارگذاری	اندازه طول	نیروی شکست تغییر شکل شکست ضخامت پوست (mm)	D₀ (cm)	F₀ (N)
طول	بزرگ	۵۷۲	۱۶۳۶	
	متوسط	۴۷۷	۱۶۲۸	
	کوچک	۴۹۸	۱۷۸۵	
	میانگین	۵۱۶	۱۸۲۱	
عرض	بزرگ	۷۲۲	۲۲۰۷	
	متوسط	۷۲۲	۲۲۰۷	
	کوچک	۶۵	۱۸۵۲	
	میانگین	۷۰۶	۲۱۲۲	

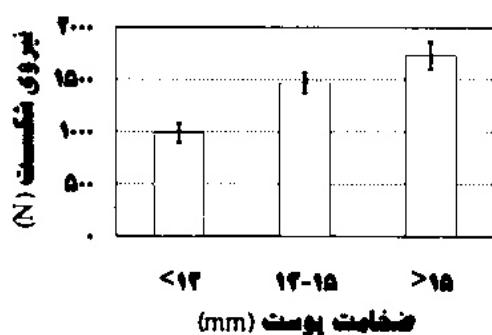
بیشترین تغییر شکل شکست مربوط به بارگذاری هندوانه رقم کریمsson سوئیت در جهت عرضی برای اندازه بزرگ آن به مقدار ۷/۴۴ سانتی متر مشاهده شد و کمترین تغییر شکل شکست مربوط به بارگذاری هندوانه رقم چارلستون گری در جهت طولی برای اندازه متوسط آن به مقدار ۴/۵۸ سانتی متر ثبت شده است. کمترین ضخامت پوست در اندازه کوچک رقم چارلستون گری به مقدار ۱۱/۲ میلی متر و بیشترین ضخامت پوست در اندازه بزرگ رقم کریمsson سوئیت به مقدار ۱۵/۸ میلی متر مشاهده گردید.

به منظور بررسی اثر فاکتورهای اندازه، رقم و جهت بارگذاری بر نیروی شکست و تغییر شکل شکست میوه هندوانه، نتایج آنالیز واریانس داده ها تعیین و در جدول (۳) گزارش شده اند. نتایج آنالیز واریانس داده ها نشان داد تأثیر فاکتورهای اصلی رقم و جهت بارگذاری بر مقدار نیروی شکست میوه

جدول (۴) نتایج تجزیه واریانس تاثیر فاکتور رقم و اندازه را بر ضخامت پوست نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد فاکتور رقم بر ضخامت پوست در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. در حالی که تاثیر اندازه میوه بر ضخامت پوست معنی‌داری نبوده است ($p=0.01$). با توجه به میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده می‌توان نتیجه گرفت ضخامت پوست در رقم کریمsson سوتیت به طور معنی‌داری بیشتر از رقم چارلستون گردی است. این نتیجه با نتایج حاصل از نیروی شکست و تغییر شکل شکست مطابقت دارد. در شکل (۳) مقدار نیروی شکست و تغییر شکل شکست برای رقم کریمsson سوتیت بیشتر از مقدار آن برای رقم چارلستون گردی مشاهده شد که می‌تواند به علت بیشتر بودن ضخامت پوست در رقم کریمsson سوتیت باشد. شکل (۴) میانگین و خطای معیار نیروی شکست در ضخامت‌های مختلف پوست هندوانه را نشان می‌دهد.

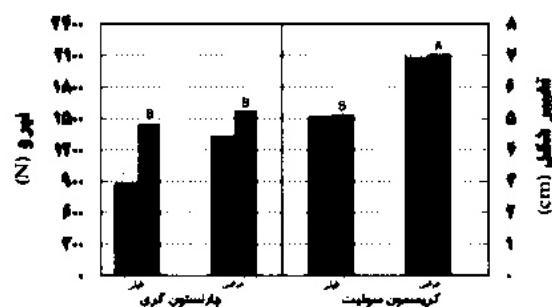
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تاثیر رقم و اندازه بر ضخامت پوست

متغیر تغییرات	درجه مجموع	میانگین	مقدار F
آزادی مریعت	مریعت		
فاکتور A: رقم	۱	۷۹.۲۵	۲۰/۴۱**
فاکتور B: اندازه	۲	۵۰.۷	۱۸**
اثر متقابل A-B	۲	۲۰/۸	۲/۶۷**
خطای افزایش	۵۴	۲۰.۹/۹	۳/۸۹
** اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱			
*** اختلاف معنی‌دار وجود ندارد			



شکل ۶- تغییرات نیروی شکست با ضخامت پوست (میانگین \pm خطای معیار) همان طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود افزایش ۵ میلی‌متر در ضخامت پوست هندوانه (اختلاف میانگین دو دسته <13 و >15) نیروی شکست را به مقدار قابل توجهی افزایش ۹۰ می‌دهد. به طوری که نیروی شکست از مقدار میانگین ۱۳ میلی‌نیوتن برای هندوانه‌هایی با ضخامت پوست کمتر از ۱۳ میلی‌متر به ۱۷۲۰ نیوتون برای هندوانه‌هایی با ضخامت بیشتر از ۱۵ میلی‌متر افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتایج تحقیقات Sadaria et al (۲۰۰۶) مطابقت دارد. آنان گزارش دادند با افزایش ضخامت پوست میوه هندوانه، تحمل‌پذیری آن در برابر بارهای

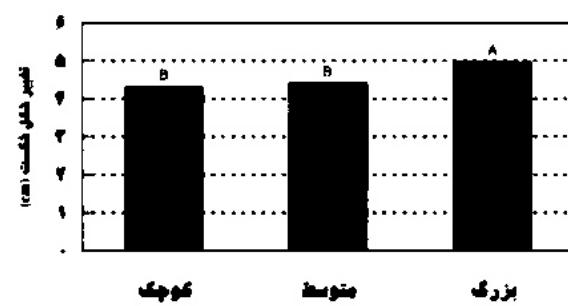
مورد بررسی جهت عرضی میوه، بارهای بزرگتر را نسبت به جهت طولی تحمل می‌کنند (شکل ۴). این نتیجه می‌تواند به علت نازک شدن پوست در قسمت دم میوه باشد. این موضوع در نحوه قرارگیری هندوانه‌ها در داخل مخازن توده‌ای مهم است و باید دقیق گردد میوه‌های هندوانه به گونه‌ای روی هم قرار داده شوند که احتمال آسیب دیدگی و شکست کاهش یابد.



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های نیروی شکست و تغییر شکل شکست در دو جهت بارگذاری به روش آزمون دانکن (۰-۰/۰۵)

وجود اثر متقابل رقم در جهت بارگذاری بر تغییر شکل شکست نشان می‌دهد اثر فاکتور جهت بارگذاری بر تغییر شکل شکست تحت تاثیر رقم تغییر می‌کند، بنابراین با توجه به شکل (۴) می‌توان نتیجه گرفت اثر متقابل جهت بارگذاری در رقم کریمsson سوتیت بر تغییر شکل شکست بسیار بیشتر از رقم چارلستون گردی است. در شکل (۴) مقایسه میانگین‌های نیروی شکست و تغییر شکل شکست در دو جهت بارگذاری با استفاده از روش آزمون دانکن در سطح ۵٪ نشان داده شده است.

بررسی جدول آنالیز واریانس داده‌ها همچنین حاکی است اندازه بر تغییر شکل شکست در سطح ۵٪ معنی‌دار است. بنابراین با توجه به مقادیر میانگین تغییر شکل شکست می‌توان نتیجه گرفت با افزایش اندازه میوه هندوانه تغییر شکل شکست افزایش می‌یابد (شکل ۵). این نتیجه با معادلات تئوری هرتس که در آن رابطه مستقیم بین تغییر شکل شکست (D_s) و اندازه جسم وجود دارد مطابقت دارد (ASAE, 2006).



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های تغییر شکل شکست در اندازه‌های مختلف روش آزمون دانکن (۰-۰/۰۵)

- ۳- جهت بارگذاری بر روی نیروی شکست موثر بود. مقدار نیروی شکست میوه هندوانه در جهت طولی، به طور معنی‌داری کمتر از مقدار آن برای جهت عرضی بود. توصیه می‌شود موقعیت میوه هندوانه در حمل و نقل و انبار به گونه‌ای باشد که نیروهای بزرگ وارد شده به میوه هندوانه در جهت عرضی باشد.
- ۴- بررسی اثر ضخامت پوست بر خواص مکانیکی در ارقام و اندازه‌های مختلف نشان داد افزایش ۵ میلی‌متر در ضخامت پوست می‌تواند نیروی شکست را نا ۷۰ درصد افزایش دهد.
- ۵- عدم شکست پوست نمی‌تواند نشان دهنده هندوانه‌ای بدون آسیب دیدگی باشد چرا که بافت داخلی میوه هندوانه، قبل از شکافت پوست ممکن است صدمه دیده باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله تکارنده‌گان از معاونت محترم بزوہش و فناوری پردازی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران که منابع مالی مورد نیاز انجام طرح را تأمین کرده‌اند سپاسگزاری می‌نمایند.

REFERENCES

- American Society of Agricultural Engineering (ASAE). (2006). *ASAE standard, Compression test of food material of convex shape ASAE S368.4, DEC2000 (R2006)*.
- Boyan, G. E., Granberry, D. M. & Kelley, W. T. (1999). *Commercial watermelon production Bulletin 996*. Extension Service, University of Georgia.
- Cardenas-Weber, M., Stroshine, R. L., Haghghi, K., & Edan, Y. (1991). Melon material properties and finite element analysis of melon compression with application to robot gripping. *Transaction of ASAE*, 34(3), 920-929.
- Diezma-Iglesias B., Ruiz-Altisent, M., & Barreiro, P. (2004). Detection of internal quality in seedless watermelon by acoustic impulse response. *Biosystems Engineering*, 88(2), 221-230.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1995). *Melons-guide to cold storage and refrigerated transport*. ISIRI Number 3697. First Edition. (In Farsi)
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1996). *Specifications of watermelon*. ISIRI Number 271. Third Edition. (In Farsi)
- Kindya, W. G., Close, E., Risso, L. A. & Mongelli, R. C. (1982). *Transporting watermelons in bulk and bins by truck*. U.S. Dept. Agric., Office of Transportation OT-4. U.S. Dept. Agric. Washington, D.C.
- Laurier F. C. (2004). Design of a watermelon pulp and juice extraction machine. *ASAE/CSAE Annual International Meeting*, Canada.
- Miles, C. & Kolker, K. (2004). *Icebox watermelon variety trial 2004. Watermelon Rind Thickness*. Washington State University.
- Mohsenin, N. N. (1986). *Physical properties of food and agricultural materials* (2nd revised and update edition). New York: Gordon and Breach Science Publishers.
- Ozer, N. B., Engel, A. & Simon, J. E. (1998). A multiple impact approach for non-destructive measurement of fruit firmness and maturity. *Transaction of ASAE*, 41(3), 871-876.
- Sadrnia H., Rajabipour, A., Javadi, A., Mostofi, Y. & Jafari, A. (2006). Comparing physical and mechanical properties of two varieties of watermelon: Charleston gray and crimson sweet. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 28(7), 151-165. (in Farsi)
- Sadrnia, H., Rajabipour, A., Jafari, A., Javadi, A., Mostofi, Y., Kafashan, J., Dintwa, E. & De Baerdemaeker, J. (2008). Internal bruising prediction in watermelon compression using nonlinear models. *Journal of Food Engineering*, 86, 272-280.
- Sitkei G. (1986). *Mechanics of agricultural materials*. Amsterdam: Elsevier
- Sugiyama J. (1998). Melon ripeness monitoring by portable firmness tester. *Transaction of ASAE*, 41(1), 121-127.

خارجی افزایش می‌باید که با نتایج حاصل از آزمایشات فوق یکسان است.

مشاهدات آزمایش بارگذاری استاتیکی میوه کامل هندوانه نشان داد پس از شکست پوست مقادیر زیادی آب میوه از درون آن خارج می‌شود. این پدیده حاکی از آن است که بافت داخلی میوه هندوانه قبل از شکست پوست آسیب دیده و به علت پارگی دبواره سلولی موجب خروج آب از درون بافت شده است. همچنین مشاهدات نشان می‌دهد مقادیر خروج آب در بارگذاری عرضی بیشتر از بارگذاری طولی است. اما در بارگذاری طولی نیز خروج آب بعد از شکست پوست مشاهده می‌شود که نشان از آسیب بافت داخلی دارد.

نتیجه گیری کلی

۱- منحنی نیرو- تغییر شکل در هر دو بارگذاری استاتیکی میوه کامل غیر خطی مشاهده شد. به طوری که ابتدا شبی آن کم و سپس شبی منحنی تا نقطه شکست افزایش می‌بافت.

۲- مقادیر نیروی شکست، تغییر شکل شکست و ضخامت پوست برای میوه کامل در بارگذاری شبه استاتیکی به دست آمد. نتایج نشان دادند که تحمل هندوانه‌های رقم کریمون سوتیت در مقابل بارهای خارجی نسبت به میوه‌های رقم چارلسون گری بیشتر بودند.

Mechanical Failure of Two Varieties of Watermelon Under Quasi Static Load

H. SADRNIA^{*}¹, A. RAJABIPOUR², A. JAFARI³, A. JAVADI⁴, Y. MOSTOFI⁵, T.
BAGHERPOUR⁶,
M. KHOJASTEHNAZHAND⁷

¹, Assistant Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, 2,3,5, Associate Professors, University College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, 4, Research Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI) 6,7, Former Graduate Students, University College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran

(Received: Nov. 12, 2007- Accepted: March. 14, 2009)

ABSTRACT

Watermelon is handled and stored in bulk package as some other fruits and vegetables are. Package height must be so appropriately selected that bottom fruit layers will receive no damage or failure. This research was performed to determine and compare the mechanical properties of two varieties in three sizes of watermelon under static load conditions to obtain parameters used in transportation as well as in storage. A statistical factorial experiment in the form of a completely randomized design ($2 \times 3 \times 2$) of five replications was employed to determine the mechanical properties of watermelon in whole watermelon. Such factors as failure force, failure deformation and fruit rind thickness were among those determined. It is found that the failure force was affected by the direction in which it was exerted. Failure force in the longitudinal direction was less than that in the transverse direction while variation in size of the fruit did not significantly affect either failure force or failure deformation. Results also indicated that failure force and failure deformation were significantly affected by variety. Mean failure forces for Charleston Gray and Crimson Sweet varieties were 1.1 and 1.8 kN, respectively. Investigation of rind thickness in different varieties and sizes of watermelon demonstrated that five millimeter increase in rind thickness can increase failure force up to 70%.

Keywords: Failure force, Failure deformation, Mechanical damage, Watermelon rind thickness, Fruit transportation



A. A. MASOUMI, A. HEMMAT, AND A. SHAHRIAN: Design, Construction and Evaluation of a Recompression Machine for Reducing Hay Bale Volume	1
A. HEMMAT, M. NOURI, AND M.R. AKHAVAN SARRAF: Equipping a Massey Ferguson Tractor (MF-285) with Sensors for Measuring Performance Parameters of Tractor and Implements in Precision Agriculture	2
A. RESHADSEDGHI, AND M. LOGHAVI: The Effect of Soil Moisture Content (in Primary Tillage) and Travel Speed during Disking Operation on Performance of Disk Harrow as a Secondary Tillage Tool	3
L. NADERLOO, R. ALIMARDANI, A. AKRAM, AND P. JAVADIKIA: Coefficient Determination of Specific Draft Equation for Moldboard, Disk and Chisel Plows	4
M. FEIZOLLAHNEJAD, B. GHOBADIAN, T. TAVAKOLI HASHJIN, H. BAGHERPOUR, AND A. ZENOZOI: An Investigation of the Parameters Affecting Biodiesel Fuel Waterwashing	5
S. J. SAJJADI, A. GHAZANFARI MOGHADDAM, AND A. ROSTAMI: Using Wavelet Transformation and Neural Network for Detecting Blank (Hollow) Pistachio Nuts	6
H. MOBLI, A. RAJABIPOUR, SH. RAFIEE, M. KHANALI, AND H. AKHLAGHIFAR: A Determination of the Effective Strengths to be Overcome in Detachment of Walnut Fruit from its Stem	7
H. SADRNIA, A. RAJABIPOUR, A. JAFARI, A. JAVADI, Y. MOSTOFI, T. BAGHERPOUR, AND M. KHOJASTEHNAZHAND: Mechanical Failure of Two Varieties of Watermelon Under Quasi Static Load	8
H. R. GAZOR: Modeling Drying Kinetics of Canola in Fluidized Bed Dryer	9
S. SH. MIRZAMANI, A. BASSIRI, AND A. ESFEHANI: Estimation of Moisture Sorption Isotherms of Date and a Determination of the Most Appropriate Model	10