تعیین ویژگی‌های مکانیکی سه رقم گردو تحت بارگذاری شبه ایستا

وحید سلیمی[1]، سعید مینایی[2] علیرضا مهدویان[3]

1. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس؛ (vahid.salimi@modares.ac.ir)
2. استاد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس (minaee@modares.ac.ir)
3. استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس (a.mahdavian@modares.ac.i)

چکیده

محصولات مختلف کشاورزی ازجمله گردو در اکثر عملیات برداشت و پس از برداشت مانند فرآوری و بسته‌بندی تحت تأثیر نیروهای مختلف قرار می‌گیرند.ازاین‌رو با بررسی و شناخت خواص مکانیکی گردو می‌توان در توسعه و طراحی ماشین‌های برداشت، دستگاه‌های گردو شکن و سایر ماشین‌های مربوطه از آن‌ها بهره برد. در این پژوهش، ویژگی‌های مکانیکی سه رقم گردو تحت بارگذاری شبه ایستا موردمطالعه قرار گرفت. بدین منظور، آزمون فشاری توسط دستگاه آزمون مواد با استفاده از دو فک تخت در تیمارهای مختلف روی سه رقم گردو انجام شد.آزمایش برای سه رقم گردو در سه جهت بارگذاری (طولی، عرضی، جانبی) در ده تکرار بر طبق آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی اجرا و تغییرات نیرو انرژی طی بارگذاری اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و جهت و اثر متقابل آن‌ها بر نیروی گسیختگی گردو در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار است. همچنین اثر رقم و جهت در سطح 1درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح 5 درصد بر انرژی گسیختگی گردو معنی‌دار است. نیروی گسیختگی رقم سنگی در سه جهت (طولی، عرضی، جانبی) به ترتیب 203، 122و217 درصد بیشتر از دو رقم کاغذی و شیلی بود و بیشترین مقاومت در جهت بارگذاری جانبی با میانگین 217 نیوتن برای رقم سنگی مشاهده گردید. کمترین مقاومت به بارگذاری فشاری به ترتیب با 64 نیوتن برای رقم شیلی در جهت عرضی به دست آمد. نتیجه بررسی آماری نشان داد که انرژی گسیختگی برای سه رقم سنگی، کاغذی و شیلی به ترتیب 137، 62 و43 درصد بود، که به ترتیب بیشترین و کمترین انرژی در جهت بارگذاری ضخامت با 123و در جهت عرضی 52 میلی ژول ثبت‌شده است.

کلمات کلیدی: *خواص مکانیکی، بارگذاری فشاری، گردو*

*نویسنده مسئول: minaee@modares.ac.ir

تعیین ویژگی‌های مکانیکی سه رقم گردو تحت بارگذاری شبه ایستا

مقدمه

گردو از جنس Juglans متعلق به خانواده Juglandaceace می‌باشد که یکی از مهم‌ترین محصولات خشکباری جهان محسوب می‌شود و ازنظر میزان تولید، ارزش اقتصادی، تغذیه و دارویی حائز اهمیت است.گردو در باغبانی برای میوه، در جنگل‌کاری به دلیل چوب باارزش و در دارو¬سازی به‌عنوان گیاه دارویی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

طبق آمار سازمان خواربار جهانی ((FAO، در سال 2014 میلادی سطح کشت گردو در جهان بالغبر440 هزار هکتار بوده است. ایران بعد از چین و آمریکا با تولید500 هزار تن رتبه سوم تولید گردو را به خود اختصاص داده است (FAO., 2014). بخشی از این تولید به‌صورت ضایعات هدر می¬رود که ناشی از آسیب‌های مکانیکی مختلف است (SHAHBAZI et al., 2009). شناخت ویژگی¬های مکانیکی از دیدگاه مهندسی ماشین‌های کشاورزی در طراحی و ساخت ماشین‌های برداشت و فرآوری و همچنین برای کاربرد صحیح و بهینه‌سازی ماشین¬های وارداتی و تطبیق‌پذیری آن‌ها با ویژگی‌های خاص ارقام اصلی کشور مهم است.(Ahmadi and Barikloo, 2016) در روند مکانیزه کردن فعالیت‌های پس از برداشت مرتبط با محصول اعم از حمل‌ونقل، انبارداری، بسته‌بندی و سایر موارد، نخستین گام داشتن اطلاعات جامع از خواص مکانیکی است. یکی از علل بروز ضایعات گردو در هنگام برداشت و استفاده از ماشین‌های حمل‌ونقل و فرآوری، عدم شناخت ویژگی‌هایی فیزیکی و مکانیکی این محصول می‌باشد. دانش خواص فیزیکی و مکانیکی گردو می‌تواند در طراحی و ساخت ماشین جداکننده‌ی پوسته و مغز نیز مورداستفاده قرار گیرد. یکی از راهکارهای اصولی برای جلوگیری از بروز صدمات مکانیکی، شناخت ویژگی‌های مقاومت محصول تحت شرایط مختلف است. لذا تعیین خواص مکانیکی محصولات برای استفاده در طراحی ماشین‌های برداشت، گردو شکن ،حمل‌ونقل، نیز بهبود خطوط فراوری در راستای کاهش ضایعات و افزایش کیفیت تولید ضروری است (خالق داد و همکاران، 1390). پژوهش‌های زیادی درزمینهٔ تعیین خواص مکانیکی بر روی محصولات کشاورزی انجام‌شده است که می‌توان به تحقیق باریچ که میوه آواکادو را توسط دو صفحه موازی تحت بارگذاری شبه استاتیک قراردادند و خواص مکانیکی آن را در فواصل زمانی متفاوت پس از برداشت موردبررسی قرار گرفت (Baryeh, 2000)، بنه (Aydın and Özcan, 2002)، زیتون (Kılıçkan and Güner, 2008)، سویا (Alemi et al., 2009)، پسته (gholami porshokohi et al., 2014)، بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی فندق و مغز آن توسط (کرمانی.، 1390) و لوبیا(Rasekh.M., 2014) نام برد. همچنین تحقیق بر روی محصول گردو می‌توان به (Danaei et al., 2018; Koyuncu et al., 2004) (Borghei et al., 2000) اشاره کرد.

در تحقیق دیگر (SATTARI NAJAFABADI, 2012) خواص مکانیکی سه نوع گردوی پرمصرف ایرانی تحت بارگذاری استاتیکی قراردادند که پارامترهای به‌دست‌آمده شامل نیرو، انرژی شکست و چغرمگی (انرژی شکست در واحد حجم) بودند. نتایج نشان داد که اثر رقم و اثر جهت بارگذاری برای کلیه شاخص‌ها در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار و اثر سرعت (به‌جز برای نیرو)، برای بقیه شاخص‌ها در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود. همچنین کلیه اثرهای متقابل، به‌جز اثر متقابل سرعت بارگذاری× جهت بارگذاری برای شاخص نیرو در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بود. ولی اثر متقابل سه-گانه سرعت بارگذاری× جهت بارگذاری × رقم برای هیچ‌یک از شاخص‌ها معنی‌دار نبوده است و با افزایش سرعت بارگذاری انرژی شکست کاهش می‌یابد. شریفیان و درفشی آزمایشی به‌صورت طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاکتور بر روی گردوهای منطقه‌ی ارومیه انجام دادند (Sharifian and Derafshi, 2008). آن‌ها در طی آزمایش نیروی شکست، مقدار کرنش تا نقطه¬ی شکست را اندازه‌گیری و انرژی کرنشی و توان موردنیاز برای شکستن هر گردو را محاسبه کردند. آزمایش در رطوبت یکسان گردو با سه عامل ، قطر متوسط هندسی در سه سطح 29،32 و35 میلی‌متر، سرعت

بارگذاری در سه سطح 50،200و500 میلی‌متر بر دقیقه و جهت بارگذاری در سه جهت x، yوz انجام پذیرفت. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق آن‌ها نشان داد که بیشترین مقدار نیرو، انرژی و توان موردنیاز برای گسیختگی گردو در جهت‌های طولی و عرضی نیاز است

شناخت خواص مکانیکی محصولات کشاورزی از مهم‌ترین پارامترها در طراحی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی، سیستم‌های درجه‌بندی ،انتقال، فرآوری و بسته‌بندی می‌باشد. در این تحقیق فرایند بررسی اثر رقم و جهت بارگذاری سه رقم گردو (کاغذی، سنگی و شیلی) بر ویژگی‌های مکانیکی به روش شبه ایستا موردبررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

در این تحقیق سه رقم گردوی رایج در بازار کشور موردمطالعه و بررسی انتخاب این سه رقم به دلیل ایجاد تنوع ازنظر مقاومت پوسته در طرح آزمایش بود. این سه رقم شامل گردوی ایرانی رقم کاغذی مراغه، گردو شیلی و سنگی بود. قبل از شروع آزمایش، گردوهای دارای شکل غیرطبیعی یا معایب فیزیکی حذف‌شده و نمونه¬های سالم و یکنواخت انتخاب گردید.

آماده‌سازی نمونه‌ها

رطوبت اولیه به روش وزنی اندازه‌گیری شد. با داشتن وزن اولیه وزن خشک نمونه‌ها، رطوبت اولیه گردوها بر پایه تر با استفاده از رابطه (1-2) محاسبه شد.

$$M_0 = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \qquad (1\text{-}2)$$

M_0 = میزان رطوبت بر پایه تر (اعشار)

M_1 = وزن اولیه نمونه قبل از قرار دادن در آون (گرم)

M_2 = وزن نمونه بعد از خشک شدن (گرم) در آون

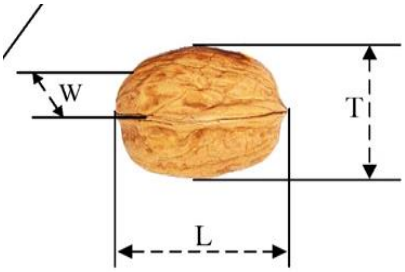
بر این اساس، میزان رطوبت سه نمونه‌های کاغذی، سنگی و شیلی به ترتیب 5، 6 و6 درصد بر مبنای تر تعیین شد که با خشک‌کردن به مدت 24 ساعت در دمای 105 ^{o}C به دست آمد (Koyuncu et al., 2004).

2-3 آزمون بارگذاری فشاری

برای انجام آزمون فشاری از دستگاه آزمون مواد مدل STM-20 ساخت شرکت سنتام بهره‌گیری شد (شکل 1) برای اجرای آزمون فشاری،گردو بین دو فک دستگاه قرار داده‌شده و دستور شروع آزمایش توسط رایانه‌ای که به دستگاه مرتبط است صادر گردید. هر دو فک به‌صورت صفحه تخت بوده و فک پایینی ثابت و فک بالایی متحرک و متصل به یک نیروسنج (Bongshin Model DBBP-2t) با ظرفیت 2000 کیلوگرم نیرو می‌باشد. فشار تا لحظه‌ی شنیدن صدای شکست نمونه و یا کاهش محسوس نیروی گسیختگی در نمودار نیرو-تغییر شکل، بر گردو اعمال می‌شد. با استفاده از منحنی نیرو- تغییر شکل به‌دست‌آمده در طی فشردگی گردو، خواص مکانیکی آن تعیین گردید. در آزمون¬های فشاری، توسط دستگاه برای هر نمونه، نمودار بارگذاری ترسیم گردید. سپس با بهره‌گیری از داده‌های به‌دست‌آمده و انتقال به نرم‌افزار اکسل، ویژگی‌های مکانیکی شامل نیروی گسیختگی و انرژی گسیختگی تعیین گردید. نیروی گسیختگی از بالاترین نقطه در منحنی نیرو- تغییر شکل و انرژی از محاسبه سطح زیر نمودار به دست آمد. در آزمون‌های بارگذاری فشاری به‌منظور تعیین خواص مکانیکی گردو، متغیرهای مستقل رقم‌های (کاغذی، سنگی و شیلی) و جهت بارگذاری (طولی، عرضی و ضخامت) در 10 تکرار موردبررسی قرار گرفت که درنهایت 90 آزمون بارگذاری فشاری بر روی نمونه‌ها انجام شد. سپس بر مبنای آزمایش فاکتوریل و در

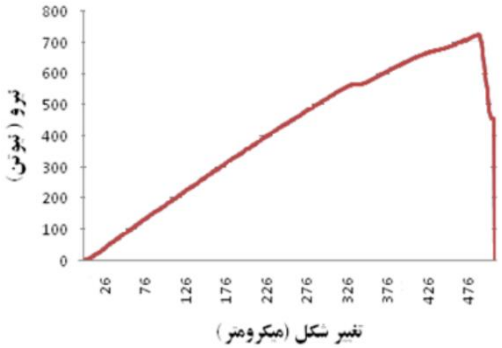
قالب طرح پایه کاملاً تصادفی، تأثیر متغیرهای مستقل رقم و جهت بارگذاری بر خواص مکانیکی گردو تعیین گردید. سه جهت بارگذاری طولی، عرضی و ضخامت در شکل(2) نشان داده‌شده است.

شکل (1) نمای کلی دستگاه آزمون مواد STM-20



شکل (2) جهت‌های بارگذاری گردو (L = طولی ، W= عرضی ، T= ضخامت)

دستگاه آزمون مواد به یک رایانه متصل بوده و از این طریق ، تنظیمات آزمایش اعمال‌شده و پس از انجام هر آزمایش، نمودار نیرو - تغییر شکل بارگذاری(شکل 3) و داده‌های متناظر نیرو تغییر شکل در نرم‌افزار اکسل ذخیره شدند.



شکل 3- نمونه گذاری منحنی نیرو -تغییر شکل حاصل از بارگذاری فشاری گردو

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل متغیرهای مستقل رقم و جهت بارگذاری بر خواص مکانیکی گردو در جدول 1 آمده است.

جدول 1 نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل بر مقاومت گردو

		میانگین تغییرات	
منبع تغییرات	درجه آزادی	نیروی گسیختگی(نیوتن)	انرژی گسیختگی (میلی- ژول)
رقم	2	49261/473 **	74785/677**
جهت بارگذاری	2	72449/825 **	41627/881**
رقم * جهت بارگذاری	4	19895/405 **	21417/054*
خطا	81	2108/577	3947/623

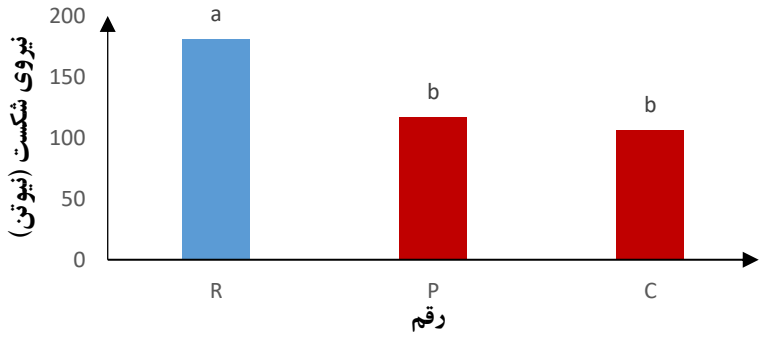
**اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد و ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

نیروی گسیختگی

با توجه به جدول 1 اثرات رقم و جهت بارگذاری و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال 1 درصد نیروی گسیختگی معنی‌دار شده است(F= 23/362 و p>0/000=).

بررسی اثر رقم بر نیروی گسیختگی

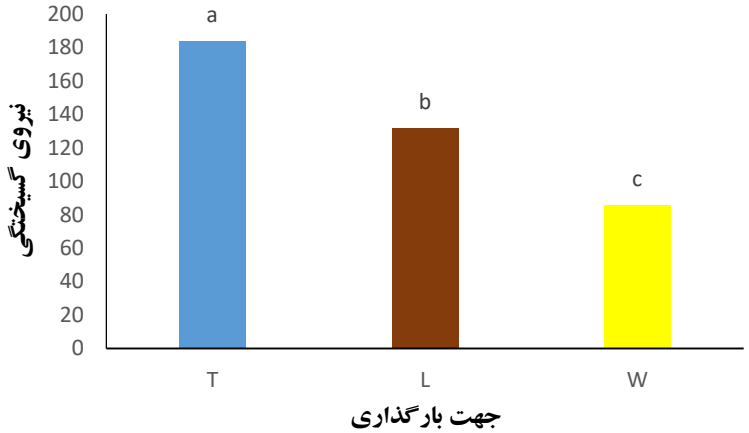
با توجه به شکل (4) بین رقم سنگی با دو رقم شیلی و کاغذی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد وجود دارد ولی بین رقم شیلی و کاغذی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. نیروی گسیختگی برای سه رقم سنگی، کاغذی و شیلی به ترتیب 181،117و106 نیوتن بود که بیشترین مقدار نیروی گسیختگی برای رقم سنگی و کمترین نیرو برای رقم شیلی می‌باشد. نیروی گسیختگی زیاد رقم سنگی ناشی از کلفتی و استحکام آن است. نتایج این پژوهش با یافته‌های سایرین همخوانی دارد. به‌عنوان نمونه (Koyuncu *et al.*, 2004) اعلام کرد که با افزایش ضخامت پوسته گردو، نیروی گسیختگی آن نیز افزایش می‌یابد. همچنین (خالق داد و همکاران 1390) در تعیین برخی خواص مکانیکی گردو سن (Sen, 1985) بامطالعه بر روی ارقام مختلف گردو نشان دادند که با افزایش ضخامت پوسته، انرژی و توان بیشتری برای شکست موردنیاز است. یافته‌های حاضر همچنین با نتایج تحقیق (Danaei *et al.*, 2018) که گزارش دادند نیروی گسیختگی رقم سنگی بیشتر از رقم کاغذی است مطابقت دارد.



شکل (4) مقایسه میانگین‌های نیروی گسیختگی (C= شیلی ، P= کاغذی. R= سنگی)

اثر جهت بارگذاری بر روی نیروی گسیختگی

مطابق شکل (5) بین سه جهت ضخامت ، طولی و عرضی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد وجود دارد. همچنین مشاهده می‌شود که نیروی گسیختگی برای سه جهت ضخامت ،طولی و عرضی به ترتیب 132، 184و 86 نیوتن می‌باشد. که بیشترین و کمترین نیروی گسیختگی به ترتیب برای جهت ضخامت و عرضی بوده است.

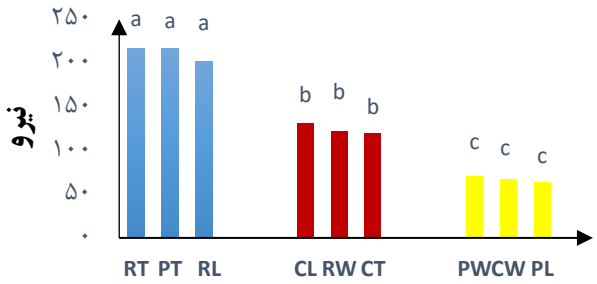


شکل (5)مقایسه میانگین‌های نیروی گسیختگی ناشی از جهت بارگذاری (T= ضخامت ، L= طولی. W= عرضی)

اثر متقابل رقم وجهت بر نیرو گسیختگی

طبق شکل 6، بیشترین و کمترین نیروی گسیختگی در جهت ضخامت به ترتیب با 217و 120 نیوتن برای رقم سنگی و شیلی و بیشترین و کمترین نیروی گسیختگی در جهت طولی با 203و 64 نیوتن برای رقم سنگی و کاغذی و بیشترین و کمترین نیروی گسیختگی در جهت عرضی با 122و 67 نیوتن برای رقم سنگی و شیلی می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مقاومت به گسیختگی در جهت ضخامت بیشتر از بارگذاری در جهت طولی است و بارگذاری در جهت طولی بیشتر از بارگذاری در جهت عرضی می‌باشد. و دلیل این رفتار آن است که بارگذاری در جهت عرضی، نیرو بر روی درز گردوارد می‌شود که مقاومت کمتری دارد و اعمال نیرو در جهت

ضخامت، بیشترین مقاومت به گسیختگی را ایجاد می‌کند و درنتیجه بیشترین مقدار نیروی گسیختگی را طلب می‌کند. این یافته‌ها با نتایج تحقیق(Dursun, 1997) و خالق داد و همکاران.(1390) که گزارش کردند بیشترین مقدار نیروی گسیختگی در جهت ضخامت و کمترین در جهت عرضی می‌باشد مطابقت دارد. این در حالی است که (Sharifian and Derafshi, 2008)کمترین نیروی لازم برای گسیختگی گردو را در جهت درز و بیشترین در جهت طولی و عرضی به دست آوردند.



شکل 5 مقایسه میانگین‌های نیروی شکست گردو ناشی از اثر متقابل رقم و جهت

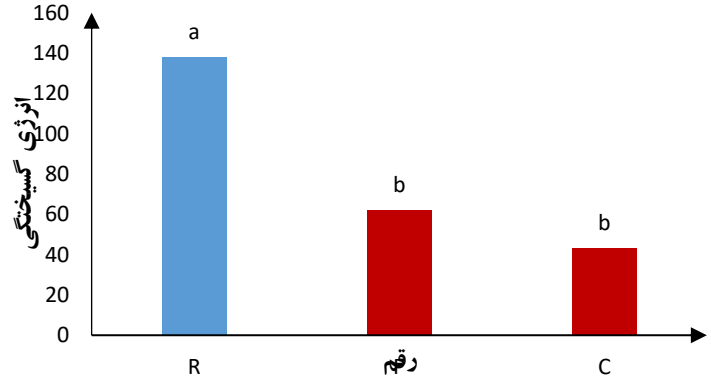
RT= سنگی- ضخامت، PT= کاغذی- ضخامت، RL= سنگی- طولی، CL= شیلی- طولی، RW= سنگی- عرضی، CD= شیلی- ضخامت، PW= کاغذی- عرضی، CW= شیلی- عرضی، PL= کاغذی- طولی

انرژی گسیختگی

در جدول تجزیه واریانس (1) اثرات رقم و جهت بارگذاری در سطح احتمال 1 درصد و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال 5 درصد برای انرژی گسیختگی معنی‌دار شده است .

بررسی اثر رقم بر روی انرژی گسیختگی

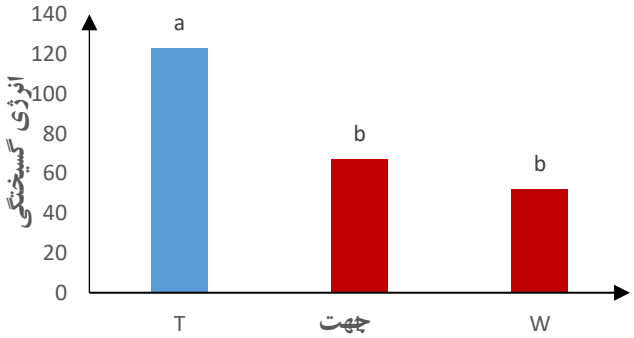
طبق شکل (6) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد بین رقم سنگی با دو رقم شیلی و کاغذی وجود دارد ولی بین رقم شیلی و کاغذی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. انرژی گسیختگی برای سه رقم گردو سنگی،کاغذی و شیلی به ترتیب 62،137 و 43 نیوتن بود که بیشترین مقدار نیروی گسیختگی برای رقم سنگی و کمترین نیرو برای رقم شیلی می‌باشد. انرژی گسیختگی رابطه مستقیمی با نیروی گسیختگی دارد و با توجه به اینکه نیروی گسیختگی رقم سنگی بیشتر از دو رقم دیگر است لذا انرژی رقم سنگی هم بیشتر است.نتایج این پژوهش با یافته‌های (خالق داد و همکاران.، 1390) و (Koyuncu *et al.*, 2004) مطابقت دارد.



شکل (6) مقایسه میانگین‌های نیروی گسیختگی

اثر جهت بارگذاری بر انرژی گسیختگی

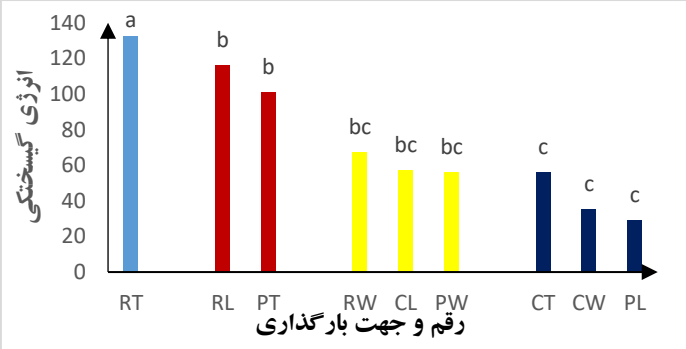
با توجه به شکل (7) در سطح احتمال 1 درصد اختلاف معنی‌داری بین سه جهت ضخامت ، طولی و عرضی وجود دارد. همچنین مشاهده می‌شود که انرژی گسیختگی برای سه جهت ضخامت ،طولی و عرضی به ترتیب 123، 101و 52 میلی ژول می‌باشد. بیشترین و کمترین انرژی گسیختگی به ترتیب برای جهت ضخامت و عرضی بوده است. نتایج این پژوهش با یافته‌های سایرین همخوانی دارد.به‌عنوان نمونه (خالق داد و همکاران.، 1390) گزارش دادند انرژی گسیختگی در راستای ضخامت بیشتر از دو جهت عرضی و طولی می‌باشد.این در حالی است که (محمدی قرمزی گلی.، 1389) ، (Koyuncu *et al.*, 2004)و (Sharifian and Derafshi, 2008)گزارش دادند انرژی در راستای جهت طولی بیشتر دو جهت عرضی و ضخامت است.



شکل (7)مقایسه میانگین اثر جهت بر نیروی گسیختگی ، T= ضخامت ، L= طولی. W= عرضی

اثر متقابل رقم وجهت بر انرژی گسیختگی

همان‌طور که شکل (9) نشان می‌دهد بین رقم سنگی در جهت ضخامت با بقیه رقم‌ها در جهات مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد وجود دارد. بیشترین و کمترین انرژی گسیختگی به ترتیب در جهت ضخامت با 137و 43 میلی ژول برای رقم سنگی و شیلی و در جهت طولی با 116و 93 میلی ژول برای رقم سنگی و در جهت عرضی با 67و 35 میلی ژول برای رقم سنگی و شیلی به دست آمد.



شکل 9 مقایسه میانگین‌های انرژی شکست گردو ناشی از اثر متقابل رقم و جهت

RT= سنگی- ضخامت، PT= کاغذی- ضخامت، RL= سنگی- طولی، CL= شیلی- طولی، RW= سنگی- عرضی، CD= شیلی- ضخامت، PW= کاغذی- عرضی، CW= شیلی- عرضی، PL= کاغذی- طولی

نتیجه‌گیری

- بررسی آماری اثر رقم و جهت و اثر متقابل آن¬ها بر نیرو انرژی لازم برای شکستن گردو در سطح احتمال 1 درصد معنی¬دار است.
- نیروی گسیختگی و انرژی گسیختگی رقم سنگی بیشتر از دو رقم کاغذی و شیلی است که دلیل آن ضخامت زیاد پوسته رقم سنگی می‌باشد.
- برای هر سه رقم گردو، نیروی و انرژی گسیختگی در جهت ضخامت بیشتر از دو جهت عرضی و طولی می‌باشد.
- انجام آزمون بارگذاری فشاری بر روی سه رقم گردو(کاغذی، سنگی و شیلی) نشان داد که نیروی شکست رقم سنگی در سه
- جهت (طولی، عرضی، جانبی) به ترتیب 203، 122،217 درصد بیشتر از دو رقم کاغذی و شیلی و همچنین انرژی گسیختگی با 116، 67 و 230 درصد بیشتر بود.
- اطلاعات فوق در طراحی ماشین‌های فرآوری گردو نیز کاهش ضایعات پس از برداشت کاربرد دارد.

منابع

1. خالق داد. م، راسخ. م، افکاری سیاح. ا، عسکری اصلی ارده. ع 1392. تعیین برخی خواص مهندسی گردو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل .
2. کرمانی. ع. (1391). ارزیابی برخی خواص فیزیکی و مکانیکی فندق و مغز آن. نوآوری در علوم و فناوری غذایی, 4(2), 69-78.
3. محمدی. خ، قاسم‌زاده. ح، نوید. ح، مقدم. م 1389. مطالعه برخی پارامترهای مؤثر در شکست گردو تحت بارهای شبه استاتیک و ضربه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه تبریز
4. FAO. (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Statistical Database. of macadamia nut under compression loading. Journal of Agricultural
5. Ahmadi, E. and Barikloo, H. 2016. Mechanical property evaluation of apricot fruits under quasi-static and dynamic loading. Journal of Agricultural Machinery.
6. Alemi, H., KHOUSH, T.M. and MINAEI, S. 2009. Mechanical properties determination of Soybean seed by quasi-static loading.
7. Aydın, C. and Özcan, M. 2002. Some physico-mechanic properties of terebinth (Pistacia terebinthus L.) fruits. Journal of Food Engineering, 53(1): 97-101.
8. Baryeh, E.A. 2000. Strength properties of avocado pear. Journal of Agricultural Engineering Research, 76(4): 389-397.
9. Danaei, H., Esmaili, M. and Piravivanak, Z. 2018. Determination of some physical and mechanical properties of two walnut varieties. Journal of Food Research, 28(2): 127-135.
10. Dursun, I. 1997. Determination of the shelling resistance of some products under the point load. Paper presented at the 17th national symposium on mechanization in agriculture. Proceedings, Paper.
11. gholami porshokohi, M., mohammadi shamami, M., mohseni, S., kermani, A.M. and abdolalizadeh, e. 2014. Determination of Some Physical Properties of Pistachio Nut and Its Kernel (Qazvini Varieties). Journal of Food Technology and Nutrition, 11(3): 47-58.

12. Kılıçkan, A. and Güner, M. 2008. Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (Olea europaea L.) under compression loading. Journal of Food Engineering, 87(2): 222-228.
13. Koyuncu, M., Ekinci, K. and Savran, E. 2004. Cracking characteristics of walnut. biosystems engineering, 87(3): 305-311.
14. SATTARI NAJAFABADI, M. 2012. MECHANICAL PROPERTIES OF THREE MAJOR IRANIAN WALNUT VARIETIES UNDER COMPRESSION LOADING. Journal of Agricultural Engineering Research, 12.– :(4)
15. Sen, S. 1985. The correlations between shell thickness, shell cracking resistance, shell seal and shell upright cracking resistance with some other fruit quality factors on Persian walnuts. Series: D2 Tarim ve Ormancilik.
16. SHAHBAZI, F., Rajabipour, A., MOHTASEBI, S. and RAFIEI, S. 2009. Effects of transport vibrations on modulus of elasticity watermelon, variety crimson sweet.
17. Sharifian, F. and Derafshi, M.H. 2008. Mechanical behavior of walnut under cracking conditions. Journal of Applied Sciences, 8(5): 886-