

## تعیین برخی از خصوصیات مکانیکی پوسته گردو (۷۹)

فاروق شریفیان<sup>۱</sup>، علاءالدین رحمانی دیدار<sup>۲</sup>، محمدعلی حداد درفشی<sup>۳</sup>

### چکیده

ایران با تولید ۱۷۰ تن گردو در سال، رتبه‌ی سوم تولید در جهان را به خود اختصاص داده است. با توجه به اینکه مهمترین مرحله‌ی پس از برداشت گردو جداسازی مغز از پوسته است، طراحی و ساخت دستگاه گردوشکن برای این منظور ضروری است. به منظور کارکرد رضایت بخش ماشین، بررسی خصوصیات مکانیکی گردو در طراحی دستگاه گردوشکن پیش‌زمینه‌ای اساسی است. بدین منظور یک آزمایش به صورت طرح آماری بلوک های کامل تصادفی با سه فاکتور بر روی گردوهای منطقه‌ی ارومیه انجام شد. در طی آزمایش نیروی شکست، مقدار کرنش<sup>۴</sup> تا لحظه‌ی شکست، انرژی کرنشی و قدرت موردنیاز برای شکستن هر گردو اندازه‌گیری شد. آزمایش در رطوبت یکسان گردو با سه عامل، عامل اول قطر متوسط هندسی گردو در سه سطح ۲۹، ۳۲ و ۳۵ میلی‌متر، عامل دوم سرعت بارگذاری در سه سطح ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه، و عامل سوم در سه سطح جهت‌های بارگذاری X، Y و Z با چهار تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار نیرو، انرژی و قدرت موردنیاز برای گسیختگی گردو در جهت طولی و عرضی نیاز است؛ در حالی که شکستن گردو در روی درز به نیرو، انرژی و قدرت کمتری نیاز دارد. افزایش سرعت بارگذاری در گردوهای با اندازه‌های متفاوت باعث افزایش خطی کرنش شد. در حالی که جهت بارگذاری تأثیری در مقدار کرنش گردو تا لحظه‌ی شکست نداشت. بنابراین گردوهای هم‌اندازه در هر جهتی شکسته شوند، تغییر شکل یکسانی را تا لحظه‌ی شکست خواهند داشت و بدین ترتیب کنترل جهت اعمال نیرو در دستگاه گردوشکن ضروری نیست. انرژی و قدرت موردنیاز برای گسیختگی گردو با افزایش سرعت بارگذاری بیشتر شد. مطابق نتایج این تحقیق، از بین سرعت‌های بارگذاری، سرعت ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه بدون توجه به انرژی و قدرت مصرفی برای شکستن گردو، توصیه می‌شود. زیرا در این سرعت کرنش بیشتری تا لحظه‌ی شکست ایجاد می‌شود و انعطاف پذیری پوسته بیشتر است. در چنین شرایطی دستگاه شکننده مجاز است تغییر شکل بیشتری را به گردو بدهد بدون آنکه به مغز صدمه وارد شود. افزایش اندازه‌ی گردو باعث افزایش در مقدار تغییر شکل لازم برای شکست گردو می‌شود؛ بنابراین اعمال تغییر شکل متغیر به گردوهای با اندازه‌ی متفاوت ضرورت دارد.

**کلیدواژه:** گردو، خصوصیات مکانیکی، ماشین تست اینسترون

۱- دانشجوی دکتری مکانیک شین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیه، پست الکترونیک: faroogh.sharifian@gmail.com

۲- استادیار گروه مکانیک شین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیه،

۳- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیه،

## مقدمه

گردو گونه‌ای از میوه‌های آجیلی (مغزدار) و از جنس ژوگلانس<sup>۱</sup> است. مقدار تولید سالیانه‌ی گردو در کشور ۱۶۸۳۲۰ تن است [۱]. این رقم، ۱۱ درصد تولید کل جهان را شامل می‌شود. ایران از نظر تولید گردو در جایگاه سوم جهان است. کشورهای چین و آمریکا به ترتیب با ۲۸ و ۲۰ درصد تولید جهانی رتبه‌های اول و دوم را به خود اختصاص داده‌اند [۹]. یکی از راه‌های افزایش صادرات غیر نفتی، مکانیزه کردن عملیات پس از برداشت محصولات کشاورزی (فراآوری، اندازه‌بندی، درجه‌بندی و بسته‌بندی محصولات) می‌باشد. با توجه به اینکه مهمترین مرحله‌ی پس از برداشت گردو جداسازی مغز از پوسته است، طراحی و ساخت دستگاه گردوشکن برای این منظور ضروری است. فرایند شکستن گردو به منظور رسیدن به کیفیت بالای مغز، مرحله‌ای بسیار اس و ظریف می‌باشد. بنابراین تعیین خصوصیات مکانیکی گردو در طراحی یک دستگاه گردوشکن پیش‌زمینه‌ای اساسی است. اطلاعات حاصله از خواص فیزیکی و مکانیکی گردو می‌تواند در ط حی و ساخت ماشین جداکننده‌ی پوسته و مغز نیز مورد استفاده باشد.

براکا<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۹۹)، فندق استرالیایی را تحت نیروی فشاری قرار دادند. ایشان اثر مقدار رطوبت، اندازه و جهت نیروی اعمال شده را بر مقدار کرنش، رو و انرژی موردنیاز برای ایجاد اولین ترک در پوسته را بررسی کردند. ایشان دریافتند که جهت بارگذاری (مستقل از اندازه‌ی فندق و مقدار رطوبت پوسته) کمترین اثر را بر مقدار نیرو، انرژی و کرنش دارد [۳].

خزایی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۲)، به منظور مطالعه‌ی تغییرات نیروی شکست، انرژی کرنشی و قدرت موردنیاز برای شکست بادام آزمایشاتی را با دستگاه اینسترون انجام دادند. این آزمایش‌ها با سه عامل، عامل اول سرعت بارگذاری در چهار سطح ۵، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه، عامل دوم جهت بارگذاری در دو سطح کنار و روبرو و عامل سوم اندازه‌ی بادام در سه سطح کوچک، متوسط و بزرگ در قالب بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. ایشان دریافتند که افزایش سرعت بارگذاری در هر دو جهت کنار و روبرو، نیروی شکست را کاهش می‌دهد. افزایش اندازه‌ی بادام، نیروی لازم برای شکست و انرژی کرنشی را افزایش می‌دهد [۶].

کویونجو<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۴)، تحت تحقیقاتی روی وارپته‌ی خاصی از گردو (یالوا-<sup>۵</sup>۳) روابطی را مابین نیرو، انرژی و کرنش، قبل از اولین ترک در پوسته با خواص فیزیکی گردو (ضخامت پوسته و قطر متوسط هندسی) در موقعیت‌های مختلف بارگذاری (طولی، عرضی و در جهت درز) ارائه دادند. همچنین آنها کیفیت بیرون آمدن مغز را به عنوان تابعی از ضخامت پوسته و قطر متوسط هندسی بررسی کردند. نتایج بدست آمده نشان داد که افزایش ضخامت پوسته، انرژی شکست را به طور خطی افزایش می‌دهد، مگر در شرایطی که بارگذاری به صورت طولی باشد. همچنین انرژی با افزایش قطر متوسط هندسی، به طور خطی کاهش می‌یابد [۷].

مهمترین اهدافی که در این تحقیق دنبال می‌شوند، عبارتند از:

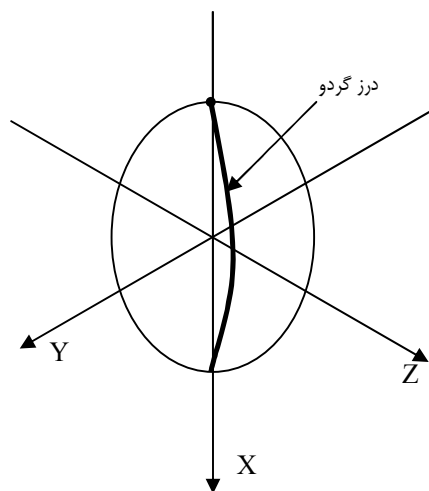
- اندازه‌گیری نیروی لازم برای شکستن پوسته‌ی گردو
- تعیین مقدار کرنش ایجاد شده در پوسته‌ی گردو تا لحظه‌ی شکست
- تعیین انرژی موردنیاز برای شکستن پوسته‌ی گردو
- محاسبه مقدار قدرت مصرفی برای شکستن هر گردو
- مطالعه‌ی تغییرات پارامترهای مکانیکی اندازه‌گیری شده تحت شرایط مختلف بارگذاری (سرعت بارگذاری، جهت بارگذاری و اندازه‌ی محصول)

1 Juglans  
2 Braga  
3 Khazaei  
4 Koyuncu  
5 Yalova  
6 Suture

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق از گردوهای منطقه‌ی ارومیه که در شهریور ماه سال ۱۳۸۵ برداشت شده بودند، استفاده شد. گردوها به مدت یک هفته در جلوی آفتاب خشک شدند. سپس مواد خارجی و گردوهای ترک خورده از گردوهای سالم جدا شدند. گردوهای سالم اندازه‌بندی شدند و در سه دسته با قطر متوسط هندسی<sup>۱</sup> (۰/۱۷)، ۲۹ (۰/۱۵) و ۳۲ (۰/۱۳) میلی‌متر قرار داده شدند. این اندازه‌گیری‌ها با یک کولیس ساعتی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر انجام گرفت. رطوبت نمونه‌ها ۸ درصد بر مبنای وزن تر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری رطوبت مطابق روش کوپونجو و همکاران (۲۰۰۴)، ۱۰ گردو در سه تکرار به مدت ۲۴ ساعت در یک خشک‌کن<sup>۲</sup> که حرارت آن  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  تنظیم شده بود، قرار داده شدند [۷]. بدین ترتیب با بدست آمدن وزن خشک و وزن مرطوب نمونه‌ها درصد رطوبت محاسبه گردید. طبق روش براگا و همکاران (۱۹۹۹)، گردوها به توسط ماشین تست اینسترون<sup>۳</sup> تحت بار فشاری قرار داده شدند [۳]. هر گردو توسط دستگاه تحت بار قرار می‌گرفت و بار وارده به آن افزایش می‌یافت و با مشاهده‌ی اولین ترک در پوسته‌ی گردو باربرداری صورت می‌گرفت. در این تحقیق بر مبنای مطالعات اولیه، سه سرعت بارگذاری ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه و سه جهت بارگذاری طولی، عرضی و روی درز برای شکستن گردوها انتخاب شد. شکل ۱ جهت‌های بارگذاری گردو در روی یک دستگاه مختصات را نشان می‌دهد. نامگذاری محورهای منطبق با روش کوپونجو و همکاران (۲۰۰۴) است [۷]. محور X، جهت بارگذاری طولی و محور Y، جهت بارگذاری عرضی را مشخص نموده است. محور Z، از روی درز گردو می‌گذرد و جهت بارگذاری روی درز را نشان می‌دهد.

پارامترهای مکانیکی اندازه‌گیری شده شامل نیروی گسیختگی، کرنش، انرژی کرنشی و قدرت موردنیاز تا ایجاد اولین ترک در پوسته‌ی گردو می‌باشند. مقادیر این پارامترها برای هر گردو از منحنی نیرو-تغییرشکل گرفته شده از ماشین تست اینسترون حاصل شد. در این منحنی که در شکل ۲ نشان داده شده است، حد شکستگی میوه (نقطه‌ی شکست)، نقطه‌ای در روی منحنی نیرو-تغییرشکل است که در آن حتی با کاهش نیرو میزان تغییرشکل افزایش پیدا کرده و گردو شکسته می‌شود. این نقطه، گسیختگی محصول را بیان می‌کند. بنابراین در آزمایش‌ها از روی نمودار نیرو-تغییرشکل، حداکثر نیروی شکست قرائت شد.



شکل ۱- جهت‌های بارگذاری گردو در روی یک دستگاه مختصات

۶ عدد داخل پرانتز، مقدار انحراف معیار را نشان می‌دهد.

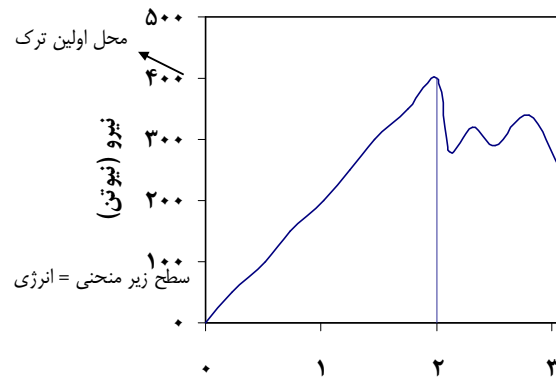
2 Oven

3 Instron testing machine

مقدار انرژی کرنشی (U) بر حسب میلی ژول، مستقیماً با اندازه گیری مساحت زیر منحنی نیرو- تغییر شکل گرفته شده از ماشین تست اینسترون بدست آمد [۲، ۳، ۷].

$$U = \frac{F \cdot \Delta l}{2}$$

در این رابطه F، حداکثر نیروی شکست بر حسب نیوتن و  $\Delta l$ ، مقدار تغییر شکل محصول تا لحظه ی شکست بر حسب میلی متر است. اندازه گیری سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل به توسط یک پلانیمتر<sup>۱</sup> با دقت  $\pm 0.2\%$  درصد انجام شد. گونر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۳) نیز در اندازه گیری سطح زیر منحنی از پلانیمتر استفاده کردند [۵].



تغییر شکل (میلی متر)

شکل ۲- منحنی نیرو- تغییر شکل گرفته شده از ماشین تست اینسترون

مقدار کرنش گردو تا لحظه ی شکست (ε) از رابطه ی زیر بدست آمد [۲، ۳، ۷].

$$\varepsilon = \frac{D_u - D_f}{D_u} = \frac{\Delta l}{D_u}$$

در این رابطه  $D_u$ ، قطر محصول قبل از بارگذاری و  $D_f$ ، قطر محصول پس از بارگذاری بر حسب میلی متر هستند.

قدرت مورد نیاز برای شکست هر گردو (P) بر حسب وات از رابطه ی زیر محاسبه شد [۶].

$$P = \frac{U \cdot V}{60000 \cdot \Delta l}$$

در این رابطه، U، مقدار انرژی کرنشی بر حسب میلی ژول و V، سرعت بارگذاری بر حسب میلی متر بر دقیقه است.

از آنجا که شکل دانه ها و سایر محصولات کشاورزی معمولاً نامنظم هستند، اندازه ی دانه ها را با قطر متوسط هندسی بیان می کنند. قطر متوسط هندسی ( $D_m$ ) بر حسب میلی متر با استفاده از رابطه ی زیر محاسبه شد [۵ و ۷].

$$D_m = (lbt)^{1/3}$$

1 Planimeter

2 Güner

در این رابطه  $l$ ، قطر طولی،  $b$ ، قطر عرضی و  $t$ ، قطر روی درز گردو بر حسب میلی‌متر هستند.

این تحقیق بر اساس طرح آماری فاکتوریل با سه عامل، عامل اول قطر متوسط هندسی گردو در سه سطح ۲۹، ۳۲ و ۳۵ میلی‌متر، عامل دوم سرعت بارگذاری در سه سطح ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه و عامل سوم جهت بارگذاری در سه سطح  $X$ ،  $Y$  و  $Z$  در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه‌ی میانگین‌ها با MSTATC صورت گرفت.

## نتایج و بحث

الف- اثر سرعت بارگذاری و اندازه گردو بر پارامترهای مکانیکی اندازه‌گیری شده

مقدار نیرو، کرنش، انرژی و قدرت موردنیاز برای شکستن گردو تابعی از سرعت بارگذاری و اندازه گردو می‌باشد. منحنی‌های شکل‌های  $a-3$ ،  $b-3$ ،  $c-3$  و  $d-3$  و جدول ۱ این ارتباطها را نشان می‌دهند.

شکل  $a-3$  نشان می‌دهد که افزایش سرعت برای هر سه اندازه گردو باعث کاهش نیروی شکست می‌شود. در هر حال مقایسه‌ی میانگین‌ها مبین آن است که کاهش سرعت از ۵۰۰ به ۲۰۰ میلی‌متر بر دقیقه موجب تغییر معنی‌دار در نیروی شکست نمی‌گردد (جدول ۱). این نتایج منطبق بر یافته‌ی خزایی و همکاران (۲۰۰۲) در مورد بادام است [۶].

نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی گردو نشان داد که در هر سه اندازه‌ی گردو، افزایش سرعت بارگذاری باعث افزایش کرنش می‌شود (شکل  $b-3$ ). کرنش متوسط اندازه‌گیری شده برای اندازه‌های مختلف گردو در سرعت ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه برابر ۰/۰۷ بدست آمد. با توجه به بزرگترین و کوچکترین گردوی مشاهده شده در بین نمونه‌های آزمایشی که حداکثر و حداقل قطر آنها به ترتیب ۴۵ و ۲۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است، می‌توان نتیجه گرفت که تغییر شکل لازم برای شکست گردوها در سرعت ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه و در رطوبت ۸ درصد، برابر ۳/۱۵ - ۱/۷۵ میلی‌متر است.

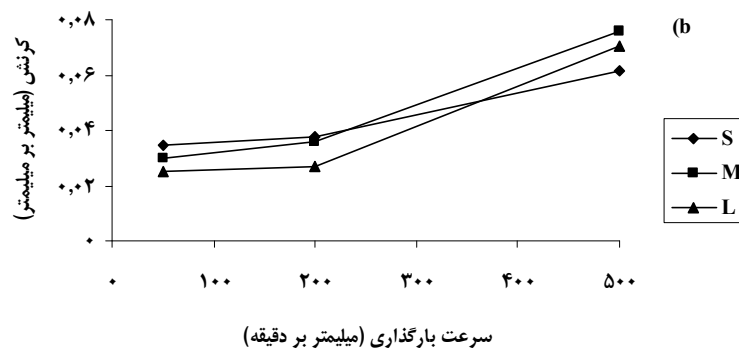
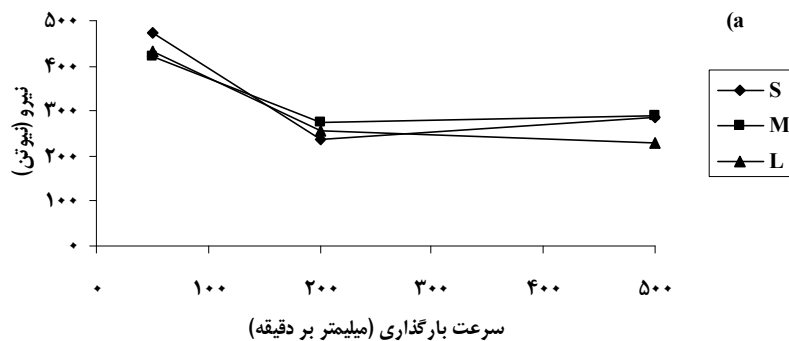
با بالا رفتن سرعت بارگذاری در هر سه اندازه گردو در آغاز، انرژی مورد نیاز برای شکست گردو کاهش می‌یابد، اما با افزایش بیشتر سرعت، انرژی شکست نیز افزایش می‌یابد (شکل  $c-3$ ). در هر حال مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان می‌دهد که بین سرعت‌های ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر بر دقیقه اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار انرژی لازم برای شکست وجود ندارد (جدول ۱). در این آزمایش بیشترین و کمترین مقدار انرژی لازم برای شکست گردو به ترتیب ۴۸۶ و ۷۵ میلی‌ژول بدست آمد.

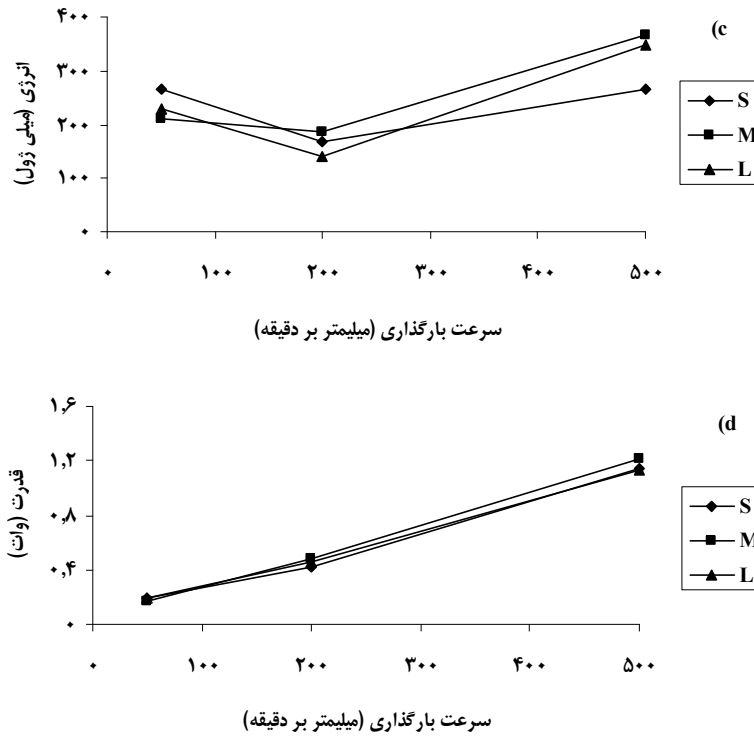
شکل  $d-3$  نشان می‌دهد که، برای هر سه اندازه‌ی گردو، افزایش سرعت باعث افزایش خطی قدرت لازم برای شکست می‌شود. خزایی و همکاران (۲۰۰۲) نتیجه‌ی مشابهی برای بادام گزارش کرده‌اند [۶]. در این آزمایش محدوده‌ی تغییرات قدرت مصرفی برای شکست گردو، ۱/۴۳ - ۰/۱۲ وات اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- مقایسه میانگین های خواص مکانیکی، متأثر از جهت بارگذاری، اندازه گردو و سرعت بارگذاری در آزمایش دوم (دانکن)

پارامترها	نیروی شکست (N)	کرنش ( $\text{mm mm}^{-1}$ )	انرژی شکست (mJ)	قدرت مورد نیاز (W)
جهت بارگذاری	طولی	$0.04^a$	$286/67^a$	$0.166^a$
	عرضی	$0.05^a$	$269/56^a$	$0.164^a$
	روی درز	$0.04^a$	$169/00^b$	$0.150^b$
اندازه گردو	کوچک	$0.04^a$	$232/39^a$	$0.158^a$
	متوسط	$0.05^a$	$254/44^a$	$0.162^a$
	بزرگ	$0.04^a$	$239/41^a$	$0.159^a$
سرعت بارگذاری ( $\text{mm min}^{-1}$ )	۵۰	$0.03^b$	$234/85^b$	$0.118^c$
	۲۰۰	$0.03^b$	$165/00^b$	$0.145^b$
	۵۰۰	$0.07^a$	$326/39^a$	$0.116^a$

میانگین های دارای حروف مشترک در هر گروه جهت و یا اندازه و یا سرعت، تفاوت معنی داری ندارند. ( $\alpha = 0.05$ )





شکل ۳- تأثیر سرعت بارگذاری بر مقدار (a)- نیرو، (b)- کرنش، (c)- انرژی و (d)- قدرت لازم برای شکستن گردو در گردوهای با قطر متوسط هندسی S-۲۹، M-۳۲ و L-۳۵ میلی‌متر.

ب- اثر اندازه گردو و جهت بارگذاری بر پارامترهای مکانیکی اندازه‌گیری شده

مقدار نیرو، کرنش، انرژی و قدرت موردنیاز برای شکستن گردو تابعی از قطر متوسط هندسی و جهت بارگذاری می‌باشد. منحنی‌های شکل‌های ۴-a، ۴-b، ۴-c و ۴-d و جدول ۱ این ارتباطها را نشان می‌دهند.

شکل ۴-a نشان می‌دهد که اندازه گردو پارامتر تأثیرگذاری بر روی نیروی شکست گردو نیست. نتایج تجزیه‌ی واریانس نیز این موضوع را تأیید می‌کند (جدول ۱). بروکس<sup>۱</sup> (۲۰۰۳) نیز همین نتیجه را در مورد فندق تجربه کرد [۴]. در صورتی که نیروی لازم برای شکستن گردو در جهت‌های طولی (X) و عرضی (Y) بیشتر از جهت روی درز گردو (Z) بدست آمد (شکل ۴-a). به طور مشابه ورساواش<sup>۲</sup> و اوزگون<sup>۳</sup> (۲۰۰۴)، بیشترین نیروی لازم برای شکست هسته‌ی زردآلو را در بارگذاری طولی بدست آوردند [۱۰]. در این آزمایش دامنه‌ی تغییرات نیروی لازم برای شکست گردو ۵۷۳-۱۴۸ نیوتن اندازه‌گیری شد.

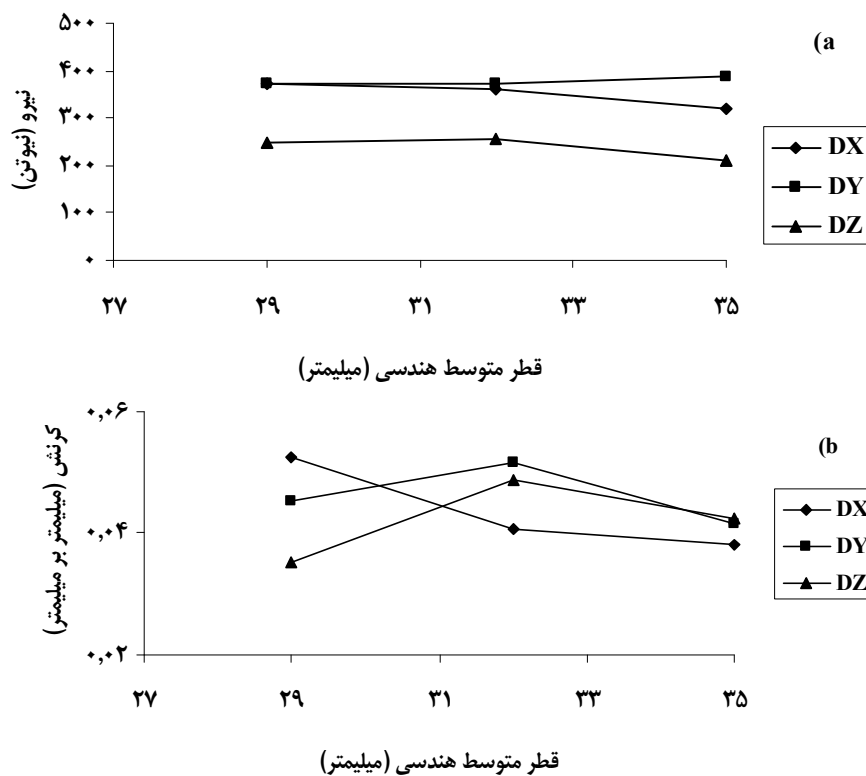
افزایش اندازه‌ی گردو تا رسیدن به قطر متوسط هندسی ۳۲ میلی‌متر، باعث افزایش جزئی در مقدار کرنش جهت‌های عرضی و روی درز می‌شود ولی با بزرگتر شدن اندازه‌ی گردو مقدار کرنش تغییری نمی‌کند. البته در بارگذاری طولی با بزرگتر شدن اندازه‌ی گردو مقدار کرنش تا لحظه‌ی شکست کاهش اندکی پیدا کرده است (شکل ۴-b). مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان می‌دهد که این تغییرات معنی‌دار نیست و افزایش اندازه‌ی گردو باعث تغییر در مقدار کرنش نمی‌شود (جدول ۱). بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که افزایش اندازه‌ی گردو، باعث افزایش در مقدار تغییر شکل لازم برای شکست گردو می‌شود (با توجه به رابطه‌ی  $\epsilon = \frac{\Delta l}{L}$ ). این نتیجه منطبق با یافته‌ی تانگ<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۸۲) در مورد فندق استرالیایی است [۸]. در این تحقیق حداکثر و حداقل مقدار کرنش

1 Brooks  
2 Vursavuş  
3 Özgüven  
4 Tang

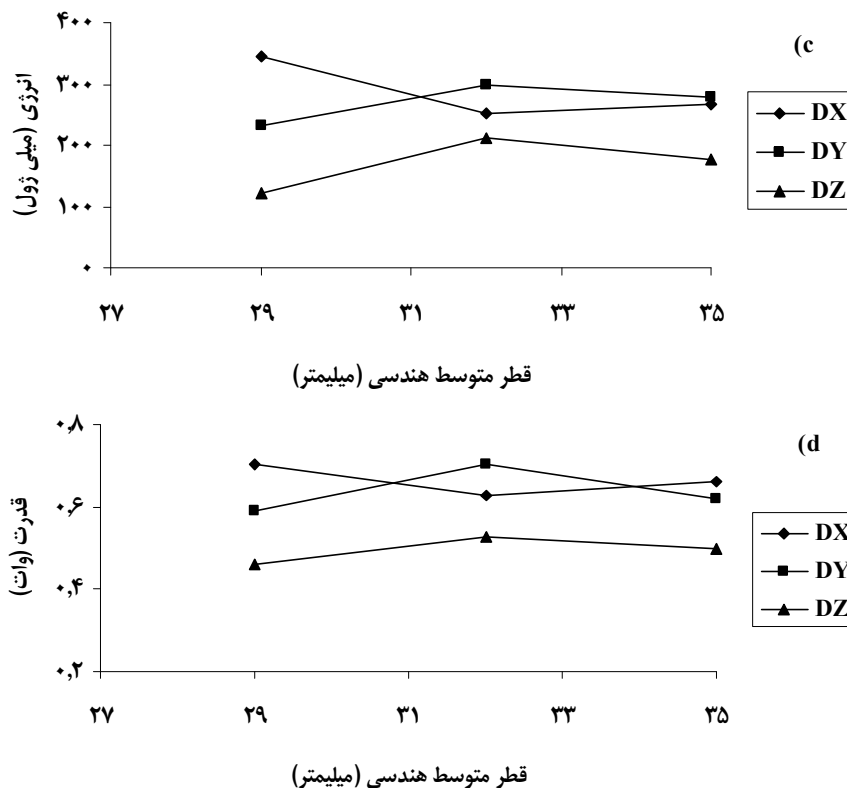
تیمارها به ترتیب ۰/۰۹۳ و ۰/۰۱۷ بدست آمده است (در شکل نشان داده نشده است). اختلاف زیادی که در این بازه ملاحظه می شود، ناشی از تغییرات سرعت بارگذاری در تیمارهای مختلف است و همان طور که بیان شد، اندازه ی گردو پارامتر تأثیرگذاری بر مقدار کرنش نبوده است. همچنین مقایسه ی میانگین ها نشان می دهد که جهت بارگذاری تأثیری بر مقدار کرنش گردو تا لحظه ی شکست نداشته است (جدول ۱).

شکل ۴- C بیان می کند که با افزایش اندازه گردو، تغییری در مقدار انرژی لازم برای شکست گردو حاصل نمی شود. مقایسه ی میانگین ها نیز این موضوع را تأیید می کند (جدول ۱). در این تحقیق انرژی لازم برای شکستن گردو در جهت های طولی (X) و عرضی (Y) بیشتر از جهت روی درز گردو (Z) بدست آمد (شکل ۴- C).

تغییرات در مقدار قدرت مصرفی برای شکست گردو با توجه به اندازه ی گردو و جهت بارگذاری در شکل ۴- d نشان داده شده است. افزایش اندازه ی گردو تغییری در قدرت مورد نیاز برای شکست گردو ایجاد نکرده است. این نتیجه دور از انتظار نیست؛ زیرا همانطور که بیان شد، افزایش اندازه ی گردو بر مقدار انرژی گسیختگی تأثیری ندارد و قدرت مصرفی تابعی از انرژی گسیختگی است. همچنین قدرت مصرفی در جهت های طولی (X) و عرضی (Y) بیشتر از جهت روی درز گردو (Z) بدست آمد.







شکل ۴- تأثیر قطر متوسط هندسی بر مقدار (a)- نیرو، (b)- کرنش، (c)- انرژی و (d)- قدرت لازم برای شکستن گردو در سه جهت DX- بارگذاری طولی، DY- بارگذاری عرضی و DZ- بارگذاری روی درز گردو

### نتیجه گیری

نیروی شکست، مقدار کرنش تا لحظه‌ی شکست، انرژی موردنیاز برای شکست و قدرت مصرفی، مهمترین پارامترهای مکانیکی گردوهای منطقه‌ی ارومیه می‌باشند که بایستی در طراحی و ساخت دستگاه گردوشکن مورد توجه قرار گیرند.

بیشترین مقدار نیرو، انرژی و قدرت مورد نیاز برای گسیختگی گردو در جهت طولی و عرضی حاصل شده است. در حالی که شکستن گردو در روی درز به کمترین نیرو، انرژی و قدرت نیاز دارد.

افزایش سرعت بارگذاری برای گردوهای با اندازه‌های متفاوت، باعث افزایش خطی کرنش شد. در حالی که جهت بارگذاری تأثیری در مقدار کرنش گردو تا لحظه‌ی شکست ندارد. بنابراین گردوهای هم‌اندازه در هر جهتی شکسته شوند، تغییرشکل یکسانی را تا لحظه‌ی شکست خواهند داشت و بدین ترتیب کنترل جهت اعمال نیرو در دستگاه گردوشکن ضروری نیست. این نتیجه طراحی دستگاه گردوشکن را تا حد زیادی ساده‌تر می‌نماید.

انرژی و قدرت موردنیاز برای گسیختگی گردو، با افزایش سرعت بارگذاری بیشتر شدند. از بین سرعت‌های بارگذاری تحقیق حاضر، سرعت ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه بدون توجه به انرژی و قدرت مصرفی برای شکستن گردو توصیه می‌شود، زیرا در این سرعت کرنش بیشتری تا لحظه‌ی شکست حاصل می‌شود و انعطاف پذیری پوسته بیشتر است. در چنین شرایطی دستگاه شکننده مجاز است تغییرشکل بیشتری را به گردو بدهد، بدون آنکه به مغز صدمه وارد شود. همچنین استفاده از سرعت‌های بالا بازده دستگاه شکننده را بالا می‌برد.

اندازه گردو پارامتر تأثیرگذاری بر روی نیروی شکست گردو، انرژی شکست و قدرت مصرفی نیست. این نتیجه طراحی دستگاه گردوشکن را آسان‌تر می‌نماید. البته افزایش اندازه‌ی گردو باعث افزایش در مقدار تغییرشکل لازم برای شکست گردو می‌شود. بنابراین دستگاه گردوشکن بایستی قابلیت اعمال تغییرشکل متغیر را به گردوهای با اندازه‌ی متفاوت داشته باشد.

میانگین کرنش اندازه‌گیری شده برای اندازه‌های مختلف گردو در سرعت بارگذاری ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه، برابر ۰/۰۷ بدست آمد. با توجه به اندازه‌ی بزرگترین و کوچکترین گردوی مشاهده شده (۲۵ و ۴۵ میلی‌متر) می‌توان نتیجه گرفت که تغییرشکل لازم برای شکست گردوها در سرعت ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه، در بازه‌ی ۱/۷۵-۳/۱۵ میلی‌متر است.

## منابع

- ۱- آمارنامه‌ی کشاورزی ایران در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲. جلد اول (محصولات زراعی و باغی). انتشارات وزارت جهاد کشاورزی.
- 2- Altuntaş, E. and M. Yildiz. 2007. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. *Journal of Food Engineering*. 78(1): 174-183.
- 3- Braga, G. C., S. M. Couto and J. T. P. A. Neto. 1999. Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 72: 239-245.
- 4- Brooks, E., 2003. Impact testing to identify the cracking behaviour of the dry shells in a variety of nuts. Bachelor of engineering thesis. The university of Queensland. Faculty of Engineering. Brisbane, Queensland.
- 5- Güner, M., E. Dursun and İ. G. Dursun. 2003. Mechanical behaviour of hazelnut under compression loading. *Biosystems Engineering*. 85(4): 485-491.
- 6- Khazaei, J., M. Rasekh and A. M. Borghei. 2002. Physical and mechanical properties of almond and its kernel related to cracking and peeling. . In: *Proceedings of ASAE Annual International Meeting*. Chicago, Illinois, USA.
- 7- Koyuncu, M. A., K. Ekinci and E. Savran. 2004. Cracking characteristics of walnut. *Biosystems Engineering*. 87(3): 305-311.
- 8- Tang, G. P., T. Liang and F. Munchmeyer. 1982. A variable deformation macadamia nut cracker. *Transactions of the ASAE*. 25(6): 1506-1511.
- 9- University of Georgia. 2006. <http://www.uga.edu/fruit/walnut.html>.
- 10- Vursavuş, K. and F. Özgüven. 2004. Mechanical behaviour of apricot pit under compression loading. *Journal of Food Engineering*. 65(2): 255-261.

## Determination of some mechanical properties of walnut shell

Farooq Sharifian, Allaeddin Rahmani Didar and Mohammadali Haddad Derafshi

### Abstract

Iran is ranked third in the world with 170000 tones of walnut production. The most important process after walnut harvesting is the separation of the kernel from the shell. It seems that the determination of the mechanical properties of different walnut varieties is the pre-requisite step for satisfactory design of a cracking machine. For this reason, an experiment was conducted on walnut fruit common in Urmia region. In this experiment, 108 walnut samples with equal moisture content were selected. These samples were compression loaded by an Instron test machine until the shell rupture was initiated. During the experiment, rupture force, specific deformation, required energy and power for shell rupture, were determined. The acquired data were analyzed on the basis of completely randomized block design with three factors. The results of these experiments indicated that, the highest force, energy, and power values, required for walnut rupture, occurred when the force was applied at the length and width direction of the fruit and the lowest of these values were required at suture line. Specific deformation of walnut shell increased with increasing loading velocity, regardless of geometric mean diameter. However, specific deformation appeared to be the same at all loading positions. This suggests that, there is no need to control applied force direction in a walnut cracker when fruits are of similar size, which would greatly simplify the design of the cracking machine. Increasing the loading velocity increased the required rupture energy, power and specific deformation. Increased specific deformation is an indication of more flexibility in walnut shell. Flexible shell may protect the fruit against fracture in the walnut cracking process. Therefore the highest loading velocity ( $500 \text{ mm min}^{-1}$ ) suggested for cracking process. Increasing the walnut dimensions causes higher deformation for rupture. Therefore, the cracking machine should be designed in a way that it can provide variable deformation, accordingly.

**Keywords:** Walnut, Mechanical properties, Instron test machine