یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

ارزیابی کیفیت (خردشدگی) مغز حاصل از شکستن گردو تحت بار شبه‌استاتیک

خسرو محمدی قرمزگلی[1]، حمیدرضا قاسم‌زاده[2] و حسین غفاری[3]

[1]استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه تبریز؛ mohammadi.khosrow@tabrizu.ac.ir

[2]استاد گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه تبریز؛ Ghassemzadeh@tabrizu.ac.ir

[3]استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه تبریز؛ Ghaffari@tabrizu.ac.ir

چکیده

در این تحقیق کیفیت (خردشدگی) مغز حاصل از شکستن گردو تحت بار فشاری شبه‌استاتیک مورد مطالعه قرار گرفت. به علت فقدان رقم مشخص گردو در ایران، آزمایش‌ها روی ژنوتیپ‌های موجود گردو انجام پذیرفت. بدین منظور سه ژنوتیپ مختلف از گردوهای باغ‌های شهرستان آذرشهر انتخاب و از محصول تولیدی این ژنوتیپ‌ها استفاده شد. از دستگاه آزمون یونیورسال هانسفیلد[2] H5KS برای انجام آزمون‌های فشار استفاده شد آزمون‌های فشار به صورت فاکتوریل با چهار فاکتور در قالب طرح کاملا تصادفی با پنج تکرار انجام پذیرفت. فاکتورهای ژنوتیپ، رطوبت، راستای اعمال نیرو و سرعت بارگذاری در نظر گرفته شد و اثر این فاکتورها روی کیفیت مغز حاصل از شکستن گردو بررسی گردید. ارزیابی شکستن گردو با استفاده از معیارهای تعریف شده انجام شد و کیفیت مغز استخراجی بدست آمد. افزایش محتوای رطوبتی، درصد مغزهای شکسته را کاهش و درصد مغزهای سالم و درجه کیفیت مغزهای شکسته را افزایش داد. با افزایش سرعت بارگذاری، درصد مغزهای شکسته افزایش یافتند. در حالت کلی وقتی گردوها ۱۲ ساعت داخل آب خیسانده شدند و راستای بارگذاری عرضی (Y) انتخاب شد، بهترین حالت از لحاظ کیفیت مغز بدست آمد.

کلمات کلیدی: آزمون فشاری ، ارزیابی، شکستن گردو، کیفیت مغز.

Evaluation of Walnut Kernel Extraction Quality Under Quasi-static Loading

Author's Name, Author's Name
Author's affiliations, Email

ABSTRACT

In this research, some parameters affecting walnut breakage under impact loading were studied. Due to unavailability of specific varieties of walnut in Iran, tests were carried out on available genotypes. For this purpose, three different genotypes from walnut orchards of Azarshar County were selected and total yield of these genotypes collected. The Universal test machine (Hounsfield) used for compression test. For the impact tests, four factors were evaluated in a factorial experiment using completely randomized design with five replications. Factors were genotype, moisture content, load direction with three levels and compression speed (three levels) and effect of these factors on kernel extraction quality were studied. Walnut breakage assessments and kernel extraction quality were evaluated by well-defined criteria. Generally, with increasing moisture content, percentage of broken kernels decreased while the number of unbroken kernels increased and extraction quality grade improved. Percentages of broken kernels increased when compression speed increased. Generally, soaking the walnuts in water for 12 h and Y loading direction yielded the best kernel extraction quality.

Keywords: Compression test, Evaluation, Kernel extraction quality, Walnut cracking.

۱- نام نویسنده مسئول برای مکاتبه به همراه نشانی و تلفن و نمابر در پاورقی آورده شود.

2- Hounsfield

۱- مقدمه

براساس آمار سازمان جهانی خواروبار (FAO) در سال ۲۰۱۶، ایران با تولید ۴۰۵۲۸۱ تن گردو در جایگاه سوم جهان قرار گرفته است (Anonymous, 2016). نگاهی به آمارهای ارایه شده در گذشته نشان می‌دهد که همواره ایران جزو پنج کشور عمده تولید کننده گردوی جهان بوده است. با عنایت به سند چشم‌انداز ۲۰ساله که در آن توجه ویژه‌ای به صادرات غیر نفتی از جمله محصولات کشاورزی شده است، انجام مطالعات در این زمینه حائز اهمیت می‌باشد. گردو دارای ارزش غذایی بالا از جمله فسفر زیاد قابل جذب است که این امر موجبات بازارپسندی در اروپا وآمریکا را فراهم آورده و صادرنمودن آن درآمدهای ارزی را ارتقا خواهد بخشید. علاوه بر این، عملیات پس از برداشت گردو نیز خود ایجاد اشتغال و جذب سرمایه را به دنبال دارد. یکی از مهمترین وحساس‌ترین مراحل پس از برداشت گردو، شکستن پوسته سخت آن جهت استحصال مغز گردو است که این کار مستلزم طراحی وساخت دستگاه گردوشکن می‌باشد (Mohammadi Ghermezgoli et al., 2014). فاکتورهای مختلفی بر فرآیند ترک‌دار کردن گردو و میزان خردشدگی مغز موثر است که شناسایی و مطالعه این پارامترها برای طراحی دستگاه گردوشکن حائز اهمیت است. محققان گوناگون اثر پارامترهای مختلف بر شکستن محصولات سخت‌پوسته را بررسی کرده‌اند. خاویر تاکید کرده است که اندازه، شکل، ضخامت پوسته و بافت ازمهمترین عوامل موثر برشکستن پوسته وکیفیت مغز استخراجی در میوه‌های آجیلی سخت‌پوسته هستند (Xavier, 1992). خواص فیزیکی (قطر محوری و شعاعی، ضخامت پوسته، کرویت، وزن، حجم و دانسیته) محصولات کشاورزی از پارامترهایی هستند که نقش مهمی در طراحی و ساخت تجهیزات و آنالیز رفتار محصول در طی انتقال، فرآوری و انبارمانی دارند (Asoegwu, 1995; Fraser et al., 1978; Gharibzahedi et al., 2012; Ojolo & Eweina, 2017). گویونچی و همکاران کیفیت مغز حاصل از شکستن گردو را به عنوان تابعی از قطر متوسط هندسی و ضخامت پوسته بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش ضخامت پوسته تمایل کمی برای کاهش کیفیت مغز وجود داشته و با افزایش قطر متوسط هندسی، کیفیت مغز افزایش می‌یابد (Koyuncu et al., 2004). براگا و همکاران رفتار مکانیکی فندق استرالیایی[1] را تحت نیروی فشاری بررسی کردند. آن‌ها علاوه بر بررسی اثرات راستای اعمال بار، اندازه فندق، محتوای رطوبتی، تغییر شکل مخصوص و انرژی مورد نیاز برای رسیدن به شکست اولیه در پوسته و میزان آسیب به مغز را در طی آزمایشات مورد مطالعه قرار دادند. از آن‌جا که بارگذاری تا لحظه شکست اولیه ادامه می‌یافت شکستگی در مغز[2]مشاهده نشد و همه آسیب‌های وارده از نوع کوفتگی[3]بودند. ایشان اظهار داشتند صرفنظر از اندازه گردو، اگر میزان تغییر شکل از فاصله بین پوسته و مغز بیشتر شود، مغز آسیب خواهد دید و بایستی برای طراحی دستگاه فندق‌شکن راستای اعمال بار مورد توجه قرار گیرد (Braga et al., 1999). لیانگ و همکاران آزمایشاتی به منظور بررسی اثر ایجاد درز[4]و سرمادهی[5] قبل از شکستن روی کیفیت مغز حاصل از فندق استرالیایی انجام دادند. آن‌ها محصول بدست آمده از عمل ترک‌دار کردن را به چهار دسته مغز کامل، مغز نیمه، مغز شکسته شده و فندق‌های شکسته نشده و کمی‌شکسته تقسیم‌بندی کردند. نتایج ایشان بیانگر این نکته بود که بهترین حالت در استخراج مغز، انجام دو عمل سرمادهی و درزدار کردن بطور همزمان بود. زیرا در این حالت تعداد مغزهای کامل و نیمه تا ۹۸ درصد افزایش یافتند و فندق‌های شکسته نشده به ۲ درصد رسید (Liang et al., 1988). گبادم و همکاران برخی پارامترها را برای طراحی دستگاه هسته‌خرماشکن جدید که در آن آسیب به مغز کمتر باشد، تعیین کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که سرعت روتور، اندازه میوه، واریته و محتوای رطوبتی فاکتورهای غالب می‌باشند. مقادیر نیروی مورد نیاز برای ترک‌دار کردن وابسته به مدول سفتی میوه بود. شرایط بهینه برای ترک‌دار کردن هسته خرما، سرعت روتور ۱۵۵ رادیان بر ثانیه برای هسته‌های دارای قطر متوسط هندسی کوچکتر از ۱۹ میلی‌متر و ۲۶۰ رادیان بر ثانیه برای هسته‌های بزرگتر از ۱۹ میلی‌متر بودند که در صورت اعمال این شرایط کمترین آسیب به مغز می‌رسید. آن‌ها بهترین سطح محتوای رطوبتی برای ترک‌دار کردن و جداسازی مغز از پوسته هسته خرما را ۱۶/۰۱ درصد ترپایه بدست آوردند.

با توجه به مطالب ذکر شده، تحقیقاتی در مورد بارگذاری فشاری روی گردو انجام شده ولی بر اساس منابع موجود، اثر بار فشاری روی کیفیت (میزان خردشدگی) مغز گردوی ایرانی مطالعه نشده است. هدف مطالعه حاضر ارزیابی اثرات محتوای رطوبتی، ژنوتیپ، راستای اعمال نیرو و سرعت بارگذاری روی کیفیت (خردشدگی) مغز گردو تحت بار فشاری شبه‌استاتیک است

[1] Macadamia Nut
[2] broken kernels
[3] bruising
[4] Notching
[5] Freezing
[6] Palm Nut

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه نمونه

به علت فقدان رقم مشخص گردو در ایران، آزمایش‌ها بر روی ژنوتیپ‌های موجود گردو انجام پذیرفت. بدین منظور سه ژنوتیپ مختلف از گردوهای باغات شهرستان آذرشهر انتخاب ومحصول تولیدی این ژنوتیپ‌ها جمع‌آوری شدند. سعی شد ژنوتیپ‌ها از لحاظ ضخامت پوسته و خصوصیات ظاهری با همدیگر تفاوت داشته باشند تا بتوان اثر ژنوتیپ را نیز بررسی نمود. گردوهای متعلق به هر ژنوتیپ به صورت جداگانه، پس از جداکردن پوست سبز، به مدت سه روز در جلوی آفتاب خشکانده شدند و سپس به انبار منتقل گردیدند. قبل از شروع آزمایش‌ها، تمامی گردوها به روش چشمی مورد بازبینی قرار گرفتند و مواد خارجی و گردوهایی که ترک برداشته بودند، جدا شدند.

۲-۲- طرح آزمایشی

گردوهای هر ژنوتیپ بعد از تعیین ابعاد، بر اساس قطر متوسط هندسی به سه دسته تقسیم شدند. برای آزمون‌های فشار، آزمایش به صورت فاکتوریل با ۴ فاکتور ژنوتیپ، محتوای رطوبتی (سه سطح)، راستای اعمال بار (راستای X، راستای Y و راستای Z) و سرعت بارگذاری (۵، ۱۵ و ۳۰ میلی متر بر دقیقه) در قالب طرح کاملا تصادفی با ۵ تکرار در نظر گرفته شد. از نرم‌افزار SPSS16 برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد و نمودارها در Excel رسم شدند.

۲-۳- تعیین خصوصیات فیزیکی

ابعاد، قطر متوسط هندسی، حجم و وزن گردوها تعیین شدند. برای هر گردو کد مخصوصی در نظر گرفته شد و ابعاد توسط ریزسنج دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر در سه راستای طول(L)، پهنا (W) و ضخامت (T) گردو اندازه‌گیری شدند. قطر متوسط هندسی و حجم به‌ترتیب با استفاده از روابط زیر اندازه‌گیری شدند (E. Altuntas & Ozkan, 2008; Mohsenin, 1986):

$$D = (LWT)^{\frac{1}{3}} \quad (۱)$$

$$V = \frac{\pi}{6}(LWT) \quad (۲)$$

D: قطر متوسط هندسی (mm)،V: حجم گردو (mm^3)، L: بعد در راستای طول گردو (mm)،W: بعد قائم بر L و در راستای پهنای گردو (mm)
T: بعد قائم بر W و L و در راستای ضخامت گردو (mm)

۲-۴- رطوبت دهی به محصول

برای بررسی اثر رطوبت سه سطح محتوای رطوبتی در نظر گرفته شد. دستیابی به سطوح مختلف رطوبتی با خیساندن گردوها در آب به مدت ۳ و۱۲ ساعت امکان‌پذیر شد. سپس نمونه‌ها در داخل کیسه‌های سلفونی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۱۰- درجه سانتی گراد در داخل فریزر قرار داده شدند. ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش ها نمونه ها در خارج از فریزر قرار داده شدند تا به تعادل رطوبتی برسند (Ebubekir Altuntas & Erkol, 2009; Olaniyan & Oje, 2002). با این روش سه محتوای رطوبتی برای هر کدام از ژنوتیپ‌ها حاصل شد. محتوای رطوبتی نمونه ها بر اساس درصد رطوبت خشک‌پایه بیان شد. درصد رطوبت خشک‌پایه، میزان آب موجود در واحد جرم نمونه خشک است. بنابراین می‌توان نوشت (Liang et al., 1989):

$$MC_{db} = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100 \quad (۳)$$

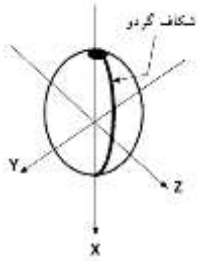
MC_{db}: درصد رطوبت خشک‌پایه، M_1: وزن نمونه مرطوب (گرم)، M_2: وزن نمونه خشک (گرم)

۲-۵- آزمون‌های فشار

از دستگاه آزمون یونیورسال هانسفیلدH5KS موجود در دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز، برای انجام آزمون‌های فشار استفاده شد. دستگاه دارای سه واحد عمده بود: سکوی متحرک، واحد تواندهی و سیستم گیرنده اطلاعات. نمونه‌های گردو روی صفحه ثابت سکوی متحرک و در سه راستای X، Y و Z قرار گرفتند. سه راستای اعمال بار به گردو در شکل ۱ نشان داده شده است. فک بالایی دستگاه متحرک و به لودسل مدل HTE-5000با ظرفیت ۵۰۰۰ نیوتن متصل بود. با اعمال نیرو، سیستم گیرنده اطلاعات، اطلاعات را به کامپیوتر منتقل کرد. نرم‌افزار Qmat3.96، منحنی نیرو

[1]- Hounsfield

در مقابل تغییرشکل را رسم کرد و این قابلیت را داشت که نیرو، تغییرشکل، انرژی و .. را در هر نقطه از نمودار نیرو- تغییرشکل محاسبه و ذخیره نماید. سرعت‌های بارگذاری ۵، ۱۵ و ۳۰ میلی‌متر بر دقیقه به منظور اعمال بار انتخاب شد. بارگذاری تا جایی ادامه یافت که نیرو به ۳۰ درصد بیشینه مقدار خود بعد از شکستن برسد. سپس نمونه‌های شکسته شده گردو تحت بازرسی چشمی قرار گرفتند و کیفیت مغز حاصله مشخص شد.



شکل ۱: راستاهای اعمال نیرو به گردو

Fig. 1- Directions of applied force upon walnut

۶-۲- محاسبه کیفیت مغز

اعمال بار فشاری در برخی شرایط منجر به بیرون آمدن مغز نشد و برای این‌که بتوان نتایج حاصل از شکستن گردو را کمی کرد از تلفیق روش‌های ارائه شده توسط پژوهشگران مختلف و استانداردها استفاده شد. در استاندارد شماره ۱۸ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مغز گردو در ۷ دسته کامل، نیمه، ربع، خرده، دندانه، خاکه و مخلوط دسته‌بندی شده است (Anonymous, 1993). گویونچی و همکاران بر اساس تعداد تکه های به دست آمده از شکستن گردو، کیفیت مغز استخراجی را درجه‌بندی کردند (Koyuncu et al., 2004). عیب عمده روش مزبور این بود که مغز، فقط بر اساس تعداد تکه مغز به‌دست آمده دسته بندی می‌شد و به اندازه تکه مغز، توجهی نشده بود در حالی که در بازار فروش مغز گردو، اندازه تکه‌ها، نقش مهمی را ایفا می‌کنند و هر چه تعداد مغزهایی که به صورت لپه کامل هستند، بیشتر باشد، به همان اندازه از قیمت فروش بالاتری نیز برخوردار است. اوزدمیر و اوزیلگن و اوزدمیر در مطالعه ترک‌دار شدن فندق، محصول شکستن فندق را به‌این صورت دسته‌بندی کردند (روش آن‌ها برگرفته از استاندارد ترکیه برای فندق بود): مغز آسیب‌دیده[1] مغز بدون آسیب، مغز شکسته شده[2] مغز باقی مانده در داخل پوسته[3](حالتی که حداقل یک‌ششم پوسته سخت جدا شده و مغز داخل پوسته باشد)، فندق دارای ترک، فندق ترک‌دار نشده و فندق قابل استحصال[4](مجموع پوسته داخل مغز، ترک‌دار شده و ترک‌دار نشده) (ozdemir, 1999; ozdemir & ozilgen, 1997). اسوگوو برای ارزیابی شکستن گردوی آفریقایی، این حالت‌ها را در نظر گرفت: مغز بیرون آمده و بدون آسیب (FC)، مغز بیرون آمده و آسیب دیده[5](FCW)، گردو ترک‌دار شده ولی مغز بیرون نیامده (VC) و گردوهایی که کاملاً خرد شده (SM) بودند (Asoegwu, 1995). از تلفیق روش‌های اشاره شده در فوق و با در نظر گرفتن فاکتورهایی که در ارزش اقتصادی مغز تاثیرگذار هستند (تعداد تکه‌های مغز خرد شده کمتر و درسته بیشتر)، نتایج بیان گردید و کیفیت مغز حاصل از شکستن گردو اندازه‌گیری شد (Mohammadi Ghermezgoli et al., 2014)

[1] Damaged
[2] Broken
[3] Left-in-the-shell
[4] Recyclable
[5] Wounded

جدول۱- ارزیابی شکستن گردو

Table 2- Evaluation of walnut breakage

ارزیابی Evaluation	توضیح Explanation	شکل Figure	تعداد تکه مغز Number of parts of kernel	درجه Grade
FC	۲ لپه کامل		2	100
FCB	یک لپه کامل و ۲ تکه نصف لپه کامل		3	80
	یک لپه کامل ، یک تکه نصف لپه کامل و دو تکهٔ یک‌چهارم لپه کامل		4	60
	یک لپه کامل و ۴ تکهٔ یک‌چهارم لپه کامل		5	50
	۴ تکه نصف لپه کامل		4	40
	۳ تکه نصف لپه کامل و دو تکهٔ یک‌چهارم لپه کامل		5	30
	۲ تکه نصف لپه کامل و۴ تکهٔ یک‌چهارم لپه کامل		6	20
	۱ تکه نصف لپه کامل و۶ تکهٔ یک‌چهارم لپه کامل		7	10
	۸ تکهٔ یک‌چهارم لپه کامل		8 و بیشتر	5
KLS	مغز داخل پوسته (حالتی که حداقل یک‌ششم پوسته سخت جدا شده و مغز داخل پوسته باشد)			
CW	گردوهایی که ترک جزیی داشته باشند			

۳- نتایج و بحث

علی‌رغم وجود تنوع بسیار گسترده در ژنوتیپ‌های مختلف گردو در سراسر کشور که گاهی دارای صفات بسیار برجسته و عملکرد دانه و مغز زیاد نیز می‌باشند و کیفیت چشمگیری دارند، در حال حاضر ژنوتیپی از گردو که به‌صورت تجاری تکثیر و در احداث باغات مورد استفاده قرار گیرد موجود نیست. در عین حال در سال‌های اخیر موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کلون‌های نویدبخش معرفی کرده است که در مراحل مقدماتی تکثیر تجارتی می‌باشند (pahnaei, 2007). بنابراین لازم است آزمایش‌ها روی ژنوتیپ‌های مختلف انجام و کیفیت مغز گردوی حاصل بررسی شود. لیکن همانگونه که قبلاً اشاره شد آزمایش‌ها بر روی ژنوتیپ‌های موجود گردو انجام پذیرفت.

۳-۱- خواص فیزیکی گردوها

نتایج خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شدهٔ گردوها به ترتیب در جدول ۳ آورده شده است. ژنوتیپ B ابعاد و در نتیجه قطر متوسط هندسی بزرگ‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت و در مقایسه با ژنوتیپ A و C از پوسته ضخیم‌تری برخوردار بود. مقادیر ضخامت پوسته سخت برای دو ژنوتیپ A و C نزدیک به هم بود.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

جدول ۳- خواص فیزیکی ژنوتیپ‌های گردوی مورد مطالعه

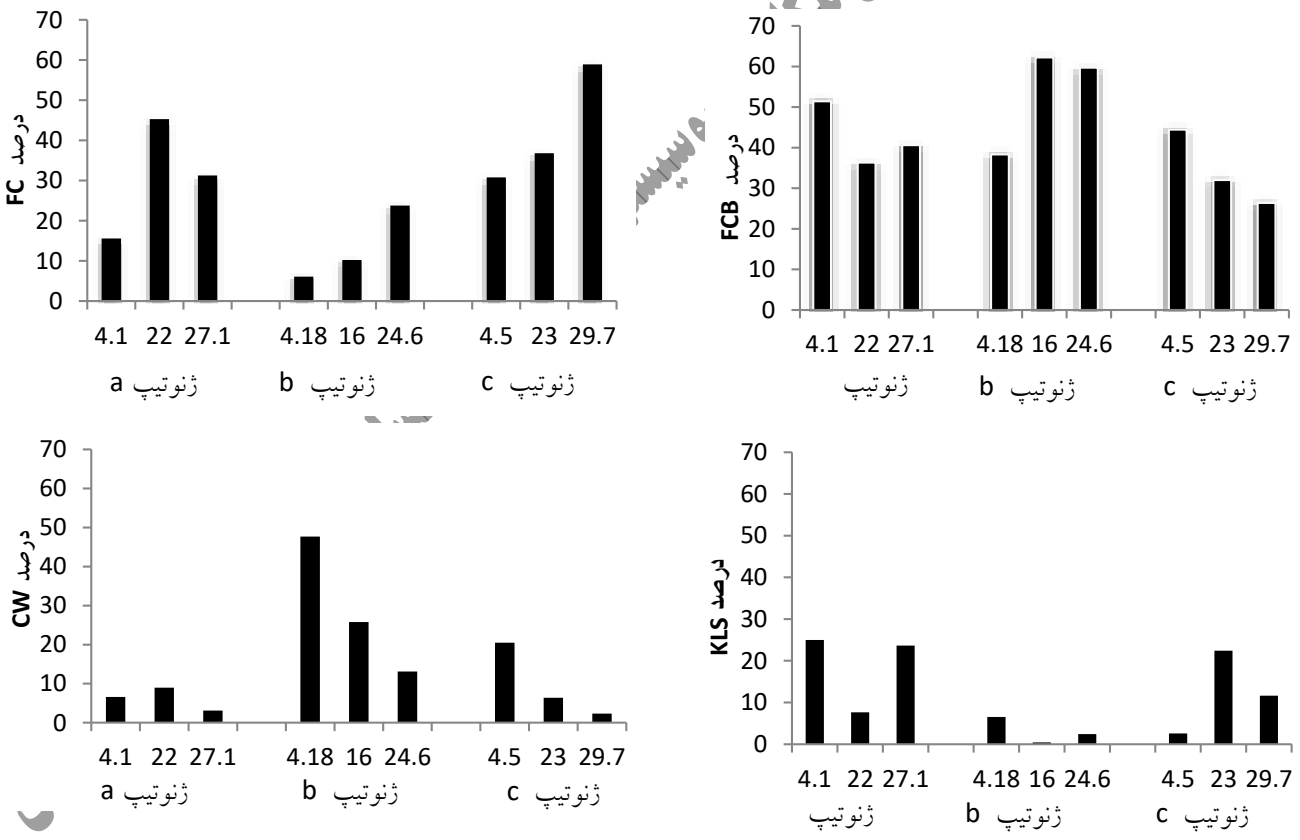
Table 4- Physical properties of the walnut genotypes under study

ضخامت پوسته Shell thickness mm	حجم Volume mm^3	قطر متوسط هندسی Geometric mean diameter mm	T mm	W mm	L mm	ژنوتیپ Genotype
1.15 [a]	14270.18	30.08 [a]	28.75 [a]	30.15 [a]	31.42 [a]	A
(0.1)	[a]	(0.52)	(0.71)	(0.30)	(0.64)	
1.61 [b]	16691.85	31.69 [c]	30.27 [c]	31.82 [c]	33.08 [c]	B
(0.1)	[c]	(0.55)	(0.84)	(0.30)	(0.55)	
1.08 [a]	15727.78	31.07 [b]	29.43 [b]	31.19 [b]	32.70 [b]	C
(0.2)	[b]	(0.62)	(0.91)	(0.38)	(0.63)	

انحراف استاندارد در داخل پارانتز آورده شده است. مقادیر با حروف غیریکسان در هر ستون، اختلاف معنی‌دار باهم دارند.

۲-۳- اثر رطوبت

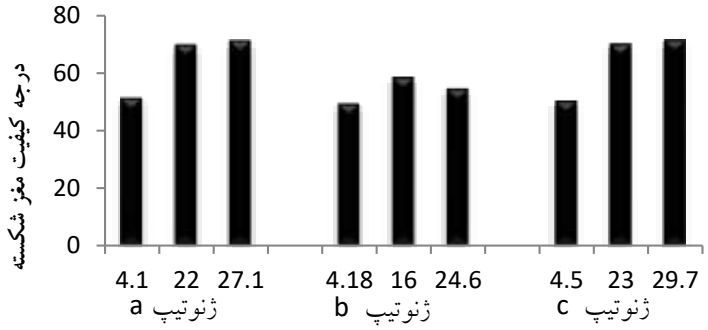
شکل ۲ اثر رطوبت در هر سه ژنوتیپ را نشان می‌دهد. با افزایش محتوای رطوبتی، درصد مغزهای سالم افزایش یافت. بیشترین درصد مغز سالم در ژنوتیپ سوم و در محتوای رطوبت ۲۹/۷ خشک‌پایه بدست آمد. با افزایش محتوای رطوبتی، درصد مغزهای شکسته در ژنوتیپ‌های a و c کاهش ولی در ژنوتیپ b افزایش نشان داد



شکل ۲: اثر محتوای رطوبتی روی شکستن گردو در ژنوتیپ‌های a، b و c. FC : گردو به صورت کامل شکسته شده، مغز کامل بیرون آمده و دارای شکستگی نباشد، FCB: گردو به صورت کامل شکسته شده، مغز کامل بیرون آمده و مغز دارای شکستگی باشد، KLS: مغز داخل پوسته (حالتی که حداقل یک‌ششم پوسته سخت جدا شده و مغز داخل پوسته باشد)، CW : گردوهایی که ترک‌جزیی داشته باشند.

در ژنوتیپ‌های a و c به دلیل نازک بودن پوستهٔ سخت، مغز به قدر کافی آب جذب نمود که با افزایش تغییرشکل، دچار شکستگی نشود ولی در

ژنوتیپ b پوسته دارای ضخامت بیشتری بود که موجب شد نفوذ آب به مغز گردو نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها کمتر باشد. درصد گردوهایی که ترک جزیی داشتند، با افزایش رطوبت، کاهش یافت. بیشترین مقدار گردوهای دارای ترک‌جزیی در ژنوتیپ b و در محتوای رطوبتی۴/۱۸ خشک‌پایه اتفاق افتاد. در این حالت شکستن گردو با کمترین تغییرشکل اتفاق افتاد که حاصل آن گردوهایی بود که درصد دارای ترک‌جزیی بیشتر بود. درجه کیفیت مغز شکسته، با افزایش محتوای رطوبتی، افزایش یافت.



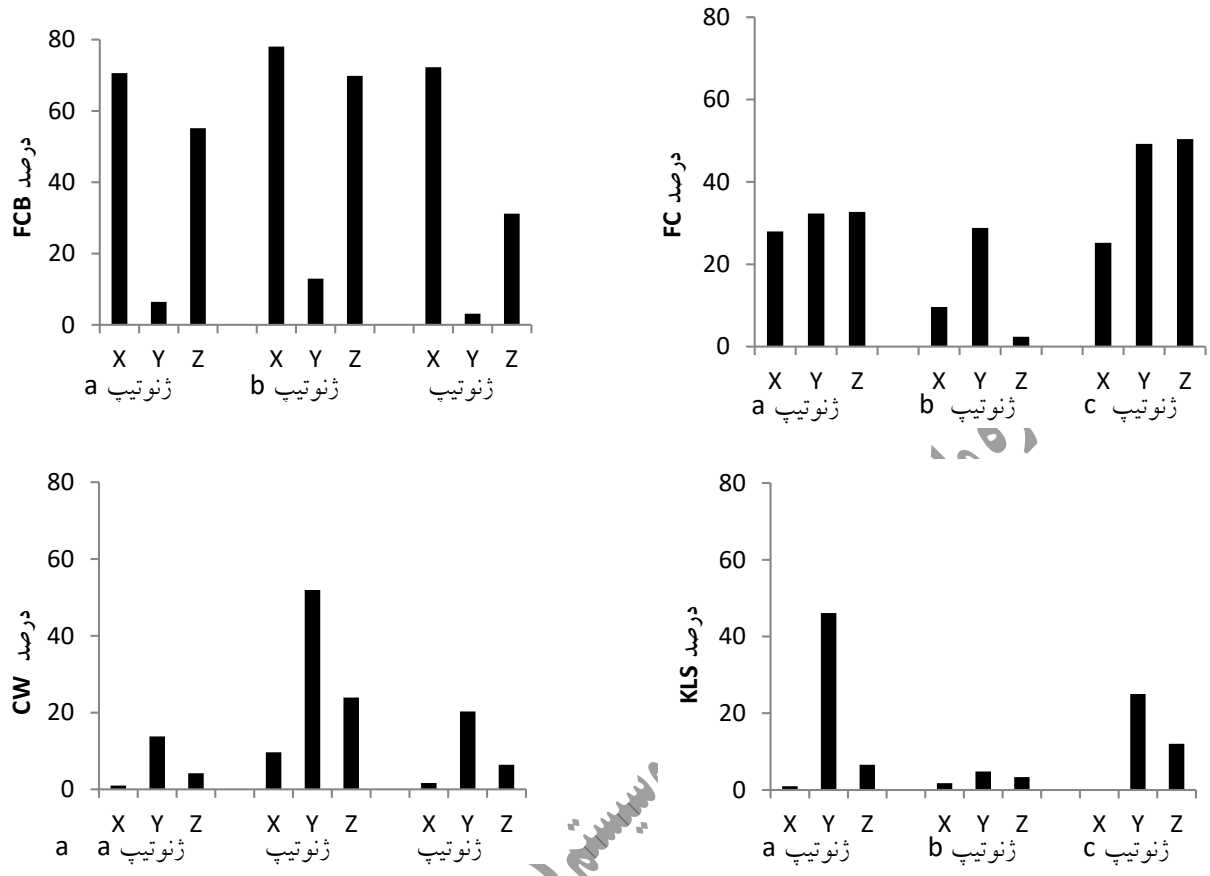
شکل ۳: اثر محتوای رطوبتی روی کیفیت مغز شکسته گردو

علت این امر را می‌توان چنین بیان کرد که مغز با جذب آب، نرم‌تر می‌شود و تمایل دارد در مقابل اعمال نیرو، تغییرشکل نشان دهد ولی در حالت خشک، شکننده می‌باشد. نتیجه حاصل از اثر رطوبت روی کیفیت مغز قابل توجه است. با افزایش رطوبت در حالت کلی هم درصد گردوهای سالم افزایش یافت و هم درجه کیفیت مغزهای شکسته. پس باید در شکستن گردو، به رطوبت‌دهی توجه بیشتری کرد.

۳-۳- اثر راستای بارگذاری روی ارزیابی شکستن گردو

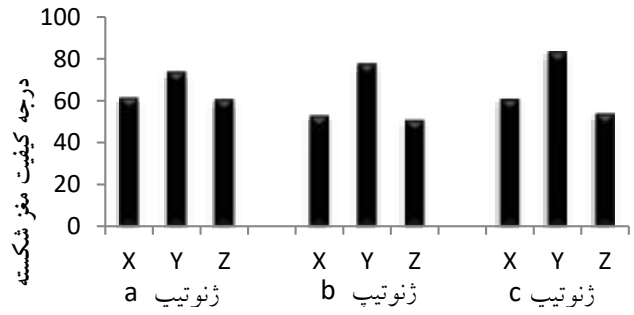
یکی از عواملی که تاثیر بسزایی در شکستن گردو و درجه کیفیت مغز داشت، اثر راستای بارگذاری بود. ژنوتیپ c کمترین درصد مغز شکسته و بیشترین درصد مغزهای سالم را دارا بود. بیشترین و کمترین درصد مغزهای شکسته به ترتیب در راستای X و Y مشاهده شد (شکل ۴). از طرفی بیشترین درصد مغزهای سالم در راستای بارگذاری Y بدست آمد ولی بیشترین درصد CW و KLS در این راستا بود. بنابراین در راستای Y، اگر گردو به صورت کامل می‌شکست، مغز سالم بیشتری حاصل می‌شد. در راستای X، کمترین درصد CW و KLS اتفاق افتاد. یعنی شکستن گردو در این راستا به طور کامل انجام شد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران



شکل ۴: اثر راستای اعمال نیرو روی ارزیابی شکستن گردو

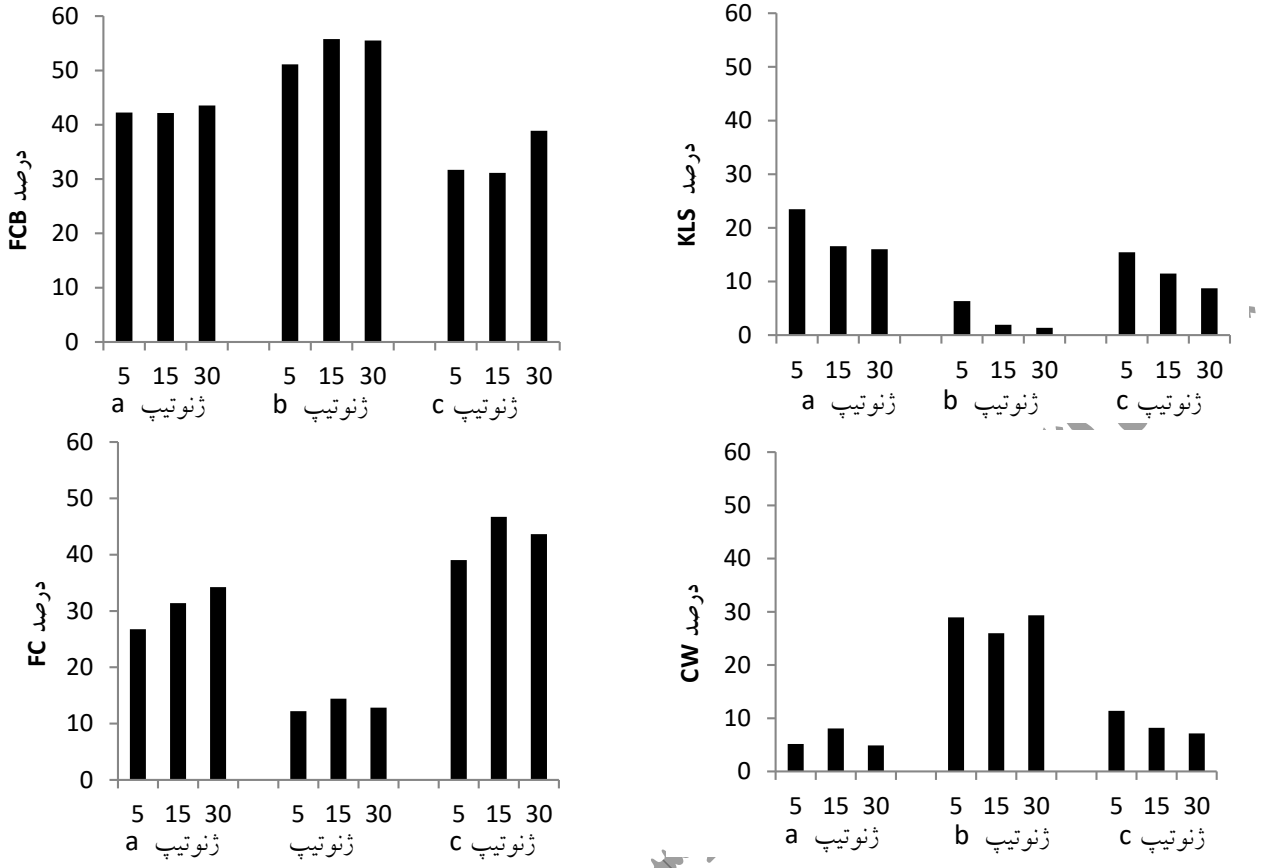
اثر راستای بارگذاری روی درجه کیفیت مغزهای شکسته، در شکل آورده شده است. در راستای Y، اگرچه درصد گردوهایی که کامل شکسته بودند کم بود، ولی درجه کیفیت مغز نیز بالاتر بود. بین دو راستای X و Z از نظر کیفیت مغز شکسته، تفاوت چندانی مشاهده نشد. گویونچی و همکاران (۲۰۰۴a) درجه کیفیت مغز ۸۹/۴، ۸۶/۳۱ و ۷۰ را به ترتیب برای راستای X، Y و Z بدست آوردند. تفاوتی بین راستای X وY در مطالعه ایشان وجود نداشت. البته مطالعات آن‌هادر محتوای رطوبتی ثابت انجام شد.



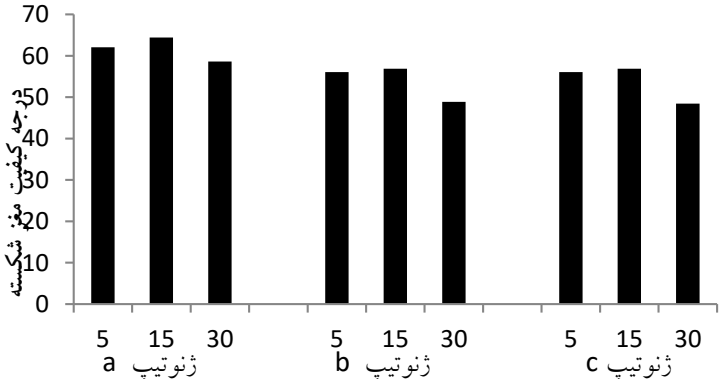
شکل ۵: اثر راستای بارگذاری روی درجه کیفیت مغز شکسته در گردو

۴-۳- اثر سرعت بارگذاری روی ارزیابی شکستن گردو

شکل اثر سرعت بارگذاری روی شکستن گردو در هر سه ژنوتیپ را نشان می‌دهد. با افزایش سرعت بارگذاری درصد مغزهای شکسته افزایش و درصد گردوهای KLS کاهش یافت. اثر سرعت بارگذاری در محمدوده مورد مطالعه تاثیر بسزایی در شکستن گردو نداشت.



شکل ۶: اثر سرعت بارگذاری روی ارزیابی شکستن گردو



شکل ۷: اثر سرعت بارگذاری روی درجه کیفیت مغز شکسته در گردو

۴- نتیجه گیری

اثرات ژنوتیپ، راستای بارگذاری، محتوای رطوبتی و سرعت بارگذاری روی شکستن گردوی ایرانی تحت بار شبه‌استاتیک مورد ارزیابی قرار گرفت با افزایش رطوبت در حالت کلی درصد گردوهای سالم و درجه کیفیت مغزهای شکسته افزایش یافت. پس باید در شکستن گردو با نیروی فشاری، به رطوبت‌دهی توجه بیشتری کرد. بیشترین و کمترین درصد مغزهای شکسته به ترتیب در راستای X و Y مشاهده شد. از طرفی بیشترین درصد مغزهای سالم در جهت بارگذاری Y بدست آمد اما بیشترین درصد CW (گردو با ترک‌جزیی) و KLS (گردوهایی که مغز گردو داخل پوسته باشد و حداقل یک‌ششم پوسته جدا شده باشد) در این راستا بود. یعنی در صورت مدنظر قرار دادن راستای Y، بایستی ترتیبی اتخاذ شود که گردو بطور کامل شکسته شود. بهینه‌ترین حالت شکستن از لحاظ کیفیت مغز، زمانی بود که گردوها ۱۲ ساعت در آب خیسانده شده بودند و راستای بارگذاری Y انتخاب شده بود.

ماشین آلات کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

۵- مراجع

Altuntas, E., & Erkol, M. (2009). The effects of moisture content, compression speeds, and axes on mechanical properties of walnut cultivars. *Food and Bioprocess Technology, 4*(7), 1288-1295 .

Altuntas, E., & Ozkan, Y. (2008). Physical and mechanical properties of some walnut (Juglans regia L.) cultivars. *International Journal of Food Engineering, 4*(4), 1-14 .

Anonymous. (1993). *Walnut kernel-specification and methods of test*: Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

Anonymous. (2016). *Food and Agriculture Organization (FAO)*.

Asoegwu, S. N. (1995). Some physical properties and cracking energy of conophor nuts at different moisture contents. *Int. Agrophysics, 9*, 131-142 .

Braga, G. C., Couto, S. M., Hara, T., & Almeida Neto, J. T. P .(۱۹۹۹) .Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. *Journal of agricultural engineering research, 72*(3), 239-245 .

Fraser, B. M., Verma, S. S., & Muir, W. E. (1978). Some physical properties of fababeans. *Journal of Agricultural Engineering Research, 23*(1), 53-57 .

Gharibzahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Hamedi, M., Khodaiyan, F., & Dadashpour, A. (2012). Mechanical behavior of Persian walnut and its kernel under compression loading: An experimental and computational study. *Journal of Food Processing and Preservation, 36*(5), 423-430 .

Koyuncu, M. A., Ekinci, K., & Savran, E. (2004). Cracking characteristics of walnut. *Biosystems Engineering, 87*(3), 305-311 .

Liang, T., Chou, J., & Knapp, R. (1988). Notching and freezing effect on macadamia nut kernel recovery. *Journal of Agricultural Engineering Research, 41*(1), 43-52 .

Liang, T., Mehra, S. K., & Khan, M. A. (1989). A macadamia nut curing system for improving kernel recovery. *Journal of Agricultural Engineering Research, 43*(0), 103-111 .

Mohammadi Ghermezgoli, K., Ghassemzadeh, H. R., Navid, H., Moghaddam, M., & Ghaffari, H. (2014). Evaluation of Walnut Kernel Quality (as Degree of Crushing) Obtained Under Impact Loading. *Journal of Agricultural Machinery, 4*(1), 11-20. doi: 10.22067/jam.v4i1۳۳۱۶۰

Mohsenin, N. N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials: structure, physical characteristics, and mechanical properties*: Gordon and Breach.

Ojolo, J. S., & Eweina, B. A. (2017). Predicting cashew nut cracking using hertz theory of contact stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. doi: https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.04.002

Olaniyan, A. M., & Oje, K. (2002). Some aspects of the mechanical properties of shea nut. *Biosystems Engineering, 81*(4), 413-420 .

ozdemir, M. (1999). Comparison of the quality of hazelnuts shelled with modified conical sheller and stone sheller. *Journal of Agricultural Engineering Research, 72*(3), 211-216 .

ozdemir, M., & ozilgen, M. (1997). Comparison of the quality of hazelnuts unshelled with different sizing and cracking systems. *Journal of Agricultural Engineering Research, 67*(3), 219-227 .

pahnaei, S. (2007). *Biological and morphological studies of walnut population in Horand region for selection the better genotypes.* (M. Sc), University of Tabriz, Tabriz .

Xavier, J. A. (1992). Study of macadamia nut breakage. *Unpublished M. Sc. Thesis, Botucatu, SP, UNESP* .

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران