خصوصیات فیزیکی و مکانیکی فندق

سارا تونس[1*]، داریوش صفرزاده[2]، ابراهیم احمدی[3]

۲،۱ و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، استادیار گروه بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا و دانشیار گروه بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا

Tunessara1990@gmail.com

چکیده

در این تحقیق، خواص فیزیکی و مکانیکی فندق به صورت تابعی از رطوبت‌های ۲ و ۹٪ و در امتداد دو محور X و Z اندازه گیری و ارزیابی گردید. مقادیر متوسط خواص فیزیکی و هندسی شامل طول، عرض، ضخامت، قطر متوسط هندسی و کرویت در رطوبت ۲٪ به ترتیب عبارت بودند از : ۱٦/۹۲، ۱۷/۵۹، ۱٤/۸۰، ۱٦/۳۸ میلی متر و ۹٦/۹۵٪. برای تعیین خواص مکانیکی، فندق بین دو صفحه‌ی تخت موازی، تحت بارگذاری فشاری قرار گرفت و مقادیر تغییر شکل ویژه، نیروی شکست و انرژی شکست برای شروع گسیختگی تعیین شدند. نتایج نشان داد که رطوبت و جهت بارگذاری، تغییر شکل ویژه، نیروی شکست و انرژی شکست را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با افزایش رطوبت نیروی شکست میوه کاهش می‌یابد، در حالی که تغییر شکل ویژه و انرژی شکست افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکی، فندق، خواص مکانیکی

مقدمه

فندق از خانواده بتولاکه[1] و از جنس کریلوس[2] می‌باشد (مهلن باچر و همکاران، ۲۰۰۰). تاریخچه کشت فندق آن چنان که درکتیبه قدیمی چینی دیده می شود به ۵۰۰۰-۸۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می گردد. در اروپا فندق از پوشش های گیاهی غالب بوده ولی منشاء دقیق آن روشن نیست و احتمال می رود که منشاء اولیه آن شهر آولینو[3] بوده و نام آولنا از همین کلمه گرفته شده است (نجاتیان و همکاران، ۱۳۹۱). فندق در بیش از ۲۰ کشور جهان کشت و کار می‌شود و دامنه گسترده‌ی آن به حوزه‌های آبی بزرگ مانند دریای سیاه، خزر، مدیترانه و اقیانوس آرام محدود می‌شود. از مراکز اصلی تولید آن می‌توان به ترکیه، ایتالیا، اسپانیا، امریکا، روسیه، ایران و جمهوری آذربایجان اشاره نمود. در ایران استان‌های گیلان، اردبیل، قزوین، گرگان، مازندران و قم از مناطقی فندق‌کاری محسوب می شوند (راحمی و جوادی، ۲۰۰۰). فندق یک میوه متشکل از یک پوسته سخت با یک مغز خوراکی است. حساس‌ترین و ظریف‌ترین عملیات فندق، شکستن پوسته آن برای استخراج مغز ترد و شکننده فندق می‌باشد. شکستن پوسته به دلیل به کاربردن نیروهای مکانیکی سبب صدمه دیدن و شکستن مغز فندق می‌شود، که ارزش تجاری فندق را کاهش

[1] Betulaceae

[2] Corylus

[3] AvelliVol

می‌دهد. میزان ونوع آسیب به واریته[1] فندق و به نوع دستگاه فندق شکن بستگی دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل برای شکستن فندق نیروهای مکانیکی به کاربرده شده برای فندق می‌باشد (اوزدمیر، ۱۹۹۹). بنابراین، مطالعه رفتار مکانیکی فندق برای برداشت محصول، انتقال، ذخیره سازی و عملیات شکستن پوسته مهم و ضروری می‌باشد (ناوارت و همکاران، ۱۹۹۹). خصوصیات فیزیکی فندق برای استخراج مغز آن به رطوبت فندق قبل از شکستن بستگی دارد (راحمی و جوادی، ۲۰۰۰). خصوصیات فیزیکی شامل شکل، اندازه، ضخامت و بافت پوسته فاکتورهای اصلی تاثیر گذار بر روی استخراج مغز فندق می‌باشد (اوزدمیر، ۱۹۹۹). در رابطه با تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی فندق تحقیقاتی انجام شده است.

آلوسو و کلارک[2] (۱۹۹۳) با انجام آزمایش شبه استاتیک فشرده سازی روی بلارد[3] بو داده به بررسی اثر رطوبت، نوع پیش آسیب و جهت بارگذاری، نیروی شکست، انرژی شکست و تغییر شکل شکست پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تغییر شکلرویژه و انرژی شکست با افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد. در حالی که نیروی شکست با افزایش رطوبت، کاهش می‌یابد.

اوزدمیر[4]و همکاران (۱۹۹۷) کیفیت فندق را در یک کارخانه فرآوری تجاری با تعیین درصد فندق‌های آسیب دیده، شکسته، در پوست مانده، ترک خورده و شکسته نشده مقایسه کردند.

براگا و همکاران[5] (۱۹۹۹) نیرو، تغییر شکل و انرژی شکست مورد نیاز برای شکست اولیه ماکادمیا[6] تحت فشار به صورت تابعی از رطوبت، اندازه ماکادمیا و جهت بارگذاری فشاری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد مستقل از اندازه ماکادمیا و رطوبت پوسته، موقعیت فشاری وجود دارد که نیرو، تغییر شکل ویژه و انرژی در آن حداقل است.

ناوارت و چیرالت[7] (۱۹۹۹) گزارش دادند که خصوصیات مکانیکی فندق تحت تاثیر رطوبت قرار دارد.

آیدین[8] (۲۰۰۲) با ارزیابی خواص فیزیکی فندق و مغز فندق رقم Tombul ترکیه، در سه سطح رطوبت ۳٪، ۹٪ و ۲۰٪ بر پایه تر گزارش کرد نیروی شکست با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد.

گونر و همکاران[9] (۲۰۰۳) رفتار مکانیکی چهار رقم فندق و مغز آن را تحت بارگذاری فشاری بین دو صفحه تخت مورد بررسی قرار دادند. نیروی شکست فندق و مغز آن در سه جهت بارگذاری X, Y و Z مطابق شکل ۱ اندازه گیری شد. محور X راستای محور میوه، محورهای Y و Z (در راستای کوچکترین بعد) عمود بر محور میوه بودند.

---

[1] Varieties
[2] Oloso & Clarke
[3] Cashew nut
[4] Ozdemir
[5] Braga
[6] Macadamia nut
[7] Navarrete & Chiralt
[8] Aydin
[9] Guner

نتایج نشان داد که رفتار مکانیکی فندق در بارگذاری در جهت محور X و Y به رطوبت بستگی دارد، در صورتی که در امتداد محور Z ارتباط معنی‌داری با رطوبت نشان نداد. و همچنین تغییر شکل وانرژی شکست با افزایش رطوبت افزایش یافت در حالی که نیروی شکست با افزایش رطوبت، کاهش معنی‌داری نشان داد.

هدف این تحقیق تعیین خواص فیزیکی فندق در دو رطوبت ۲٪ و ۹٪ و تعیین خواص مکانیکی شامل نیروی شکست، تغییر شکل و انرژی شکست فندق در امتداد دو محور X و Z می‌باشد.

مواد و روش‌ها

فندق مورد آزمایش در این پژوهش از باغات شهرستان رودسر تهیه شد و میوه‌های شکسته و مواد زائد از آن خارج گردید. سپس به آزمایشگاه خواص مواد مهندسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان منتقل شد. رطوبت اولیه فندق از طریق قرار دادن ۲ نمونه ٤۲ گرمی به مدت ۱۹ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد تعیین گردید. تعیین خواص فیزیکی فندق بر حسب رطوبت‌های ۹ و ۲ درصد در نظر گرفته شد. رطوبت مورد نظر داخل آون مدل SHIMAZ CO قرار داده شد و محاسبه کاهش وزن با ترازو دیجیتالی تا رسیدن به سطح مطلوب انجام شد. برای اندازه‌گیری‌های ابعادی میوه فندق مثل طول(L)، پهنا(W) و ضخامت(T)،با کولیس دیجیتالی INSIZE با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شد و سپس قطر متوسط هندسی و کرویت فندق در هر سطح رطوبتی با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (محسنین، ۱۹۷۰).

$$D_{P=}(LWT)^{1/3} \quad (۱)$$

$$\Phi = \frac{(LWT)^{1/3}}{L}۱۰۰ \quad (۲)$$

D_P = قطر میانگین هندسی (mm)، Φ = کرویت (درصد)، L = طول (mm)، W = ضخامت (mm)، T = ارتفاع (mm)

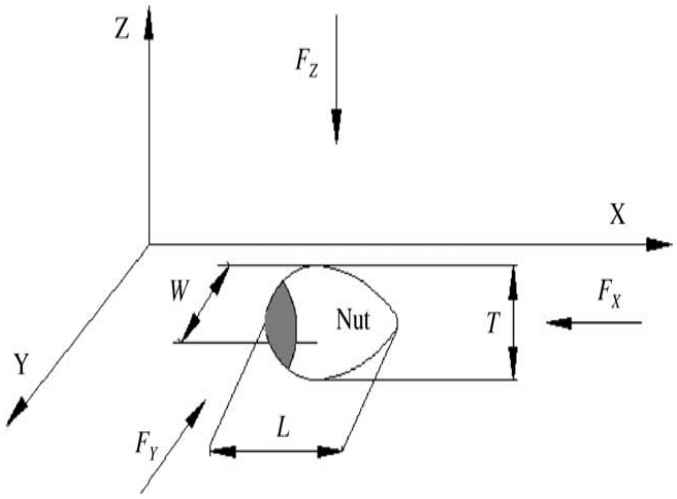
آزمون مکانیکی فندق برای اندازه‌گیری نیروی شکست، انرژی شکست و تغییر شکل آن توسط دستگاه تست محوری (مدل: Zwick: 1-FR0-5TH.D14) ساخت کشور آلمان نشان داده شده در شکل ۲ انجام شد. این دستگاه شامل یک صفحه ثابت و یک صفحه متحرک و یک نیرو سنج ۵۰۰ نیوتونی می‌باشد که به یک رایانه متصل بوده و از طریق نرم افزار مربوطه تنظیمات آزمایش اعمال می‌شود. فندق روی صفحه ثابت قرار می‌گیرد و فشار توسط صفحه متحرک تا زمانی که پوسته بشکند به فندق وارد می‌شود، لودسل[1] نیروی اعمال شده به نمونه را گزارش کرده و سپس نمودار نیرو_ تغییر شکل ثبت می‌شود. در این تحقیق، آزمون مکانیکی فشاری برای دو سطح رطوبت ۲ و ۹ درصد انجام گردید. فندق مطابق شکل ۱، در امتداد محورهای X (محور طولی) و Z (در امتداد ضخامت) با سرعت بارگذاری 1 mm/min تحت بارگذاری فشار قرار گرفت. آزمایش در ۱۰ تکرار برای هر رطوبت و محور بررسی شد، در نتیجه تعداد آزمایش‌های مکانیکی و نمودها ٤۰ عدد بوده است و منحنی نیرو _ تغییر شکل برای هر تکرار به

[1] Load cell

صورت مجزا تعیین گردید، سپس انرژی جذب شده در طول بارگذاری تا از سطح زیر منحنی نیرو _ تغییر شکل محاسبه شد. شکل ۳ یک نمونه نمودار نیرو _ تغییر شکل را نشان می‌دهد. تغییر شکل ویژه (نسبی) در دو جهت بارگذاری X و Z از تقسیم تغییر شکل تا نقطه‌ی شکست بر اندازه‌ی قطر میوه مطابق رابطه‌ی ۳ محاسبه گردید (براگا و همکاران، ۱۹۹۹).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} 100 \qquad (۳)$$

ε = تغییرشکل ویژه (نسبی)، درصد (بدون بعد)، ΔL = اندازه‌ی تغییر شکل تا نقطه‌ی شکست در جهت بارگذاری، mm، L = اندازه‌ی اولیه میوه تحت بارگذاری، mm.



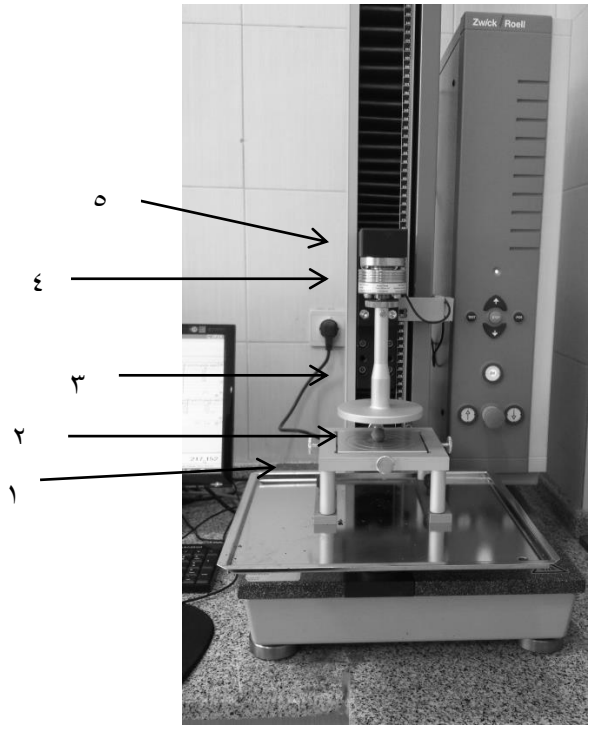
شکل ۱- ابعاد فیزیکی فندق و جهت‌های بارگذاری: محورهای $X; Y; Z$ به ترتیب طول (L)، عرض یا پهنا (W) و ارتفاع یا ضخامت (T) ابعاد فیزیکی فندق و $Fx; FY; FZ$ سه جهت بارگذاری.

بحث و نتایج

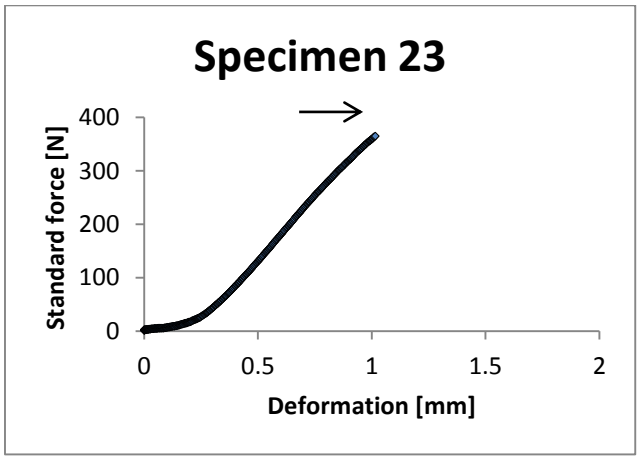
جدول ۱ میانگین ابعاد فیزیکی و هندسی میوه فندق‌های مورد استفاده در آزمایش را در دو رطوبت ۲٪ و ۹٪ نشان می‌دهد. اندازه‌های ابعادی فندق برای رطوبت ۲٪ (بر پایه‌ی تر) از ۱٤/۸۰ تا ۱٦/۹۲ و برای رطوبت ۹٪ از ۱٦/۹۲ تا ۱۵/۵۸ گزارش شد. بر اساس داده‌های جدول ۱، مقادیر ویژگی‌های ابعادی فندق شامل طول، عرض(پهنا) و ضخامت(ارتفاع) و خواص هندسی شامل قطر متوسط هندسی با افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد. افزایش قطر متوسط هندسی با رطوبت نشان می‌دهد که افزایش رطوبت موجب متورم شدن سلول‌های فندق می‌گردد و از این رو اندازه‌ی قطر آن‌ها افزایش می‌یابد.

جدول ۱: مقادیر متوسط ابعاد فیزیکی و هندسی فندق در دو سطح رطوبت

مشخصه فیزیکی					
رطوبت، درصد	طول (mm)	عرض (پهنا) (mm)	ضخامت (ارتفاع) (mm)	قطر متوسط هندسی (mm)	کرویت %
۲	۱٦/۹۲	۱۷/۵۹	۱٤/۸۰	۱٦/۳۸	۹٦/۹۵
۹	۱٦/۹۳	۱۸/۲۵	۱۵/۵۸	۱٦/۸۸	۹۹/۷۸



شکل ۲: دستگاه تست محوری: ۱- صفحه ثابت، ۲- نمونه، ۳- پروب فشاری، ٤- نیرو سنج، ۵- بالابر

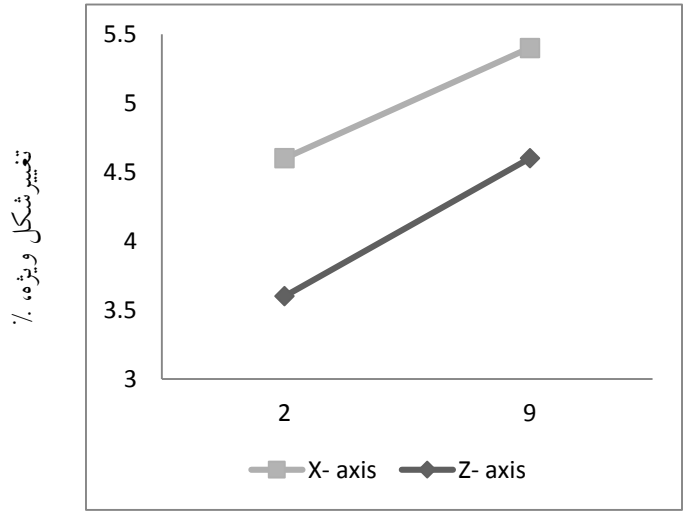


شکل ۳: یک نمونه نمودار نیرو _ تغییر شکل تحت نیروی فشاری

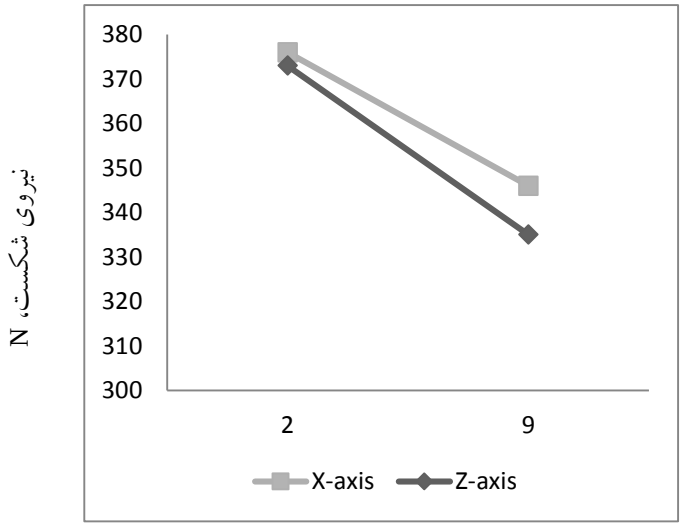
تاثیر رطوبت پوسته و جهت بارگذاری

شکل‌های ٤، ۵ و ٦ نشان دهنده‌ی تغییر شکل ویژه، نیروی شکست، و انرژی شکست برای شکست اولیه فندق تحت تاثیر رطوبت پوسته و جهت بارگذاری می‌باشند. . نمودار شکل ٤ نشان می‌دهد تغییر شکل ویژه با افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد. با افزایش رطوبت به علت نرم شدن پوست مقدار تغییر شکل بیشتری باید اعمال گردد. بیشترین تغییر شکل ویژه (۵/٤)، برای رطوبت ۹٪ ودر جهت محور Xها و کمترین آن (۳/٦) برای رطوبت ۲٪ و در جهت محور Zها می‌باشد. گونر و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تغییر شکل ویژه تا نقطه شکست پوسته فندق

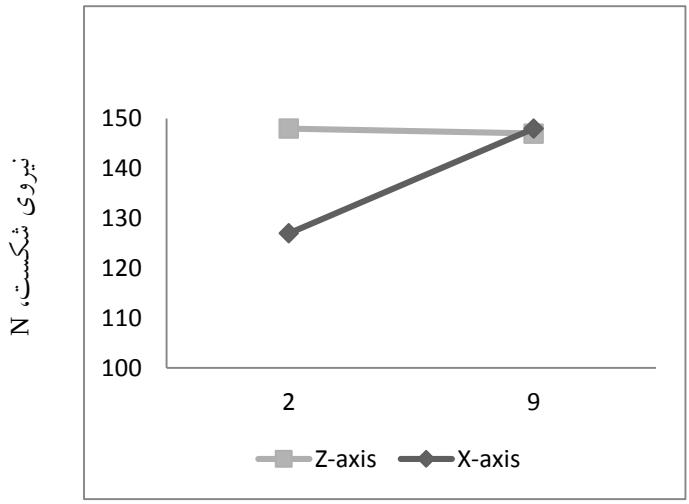
با افزایش رطوبت، افزایش یافت. آلوسو و کلارک (۱۹۹۳) نیز با آزمایش بر روی بلارد به نتایج مشابهی دست یافتند. تاثیر رطوبت و جهت محورهای بارگذاری روی نیروی شکست در شکل ۵ ارائه شده است. نتایج نشان دهنده‌ی وجود ارتباط بین رطوبت فندق و نیروی شکست می‌باشد. برای هر دو محور، نیروی شکست با افزایش رطوبت، کاهش یافت. نمودار شکل ۵ نشان می‌دهد که بیشترین نیروی شکست پوسته فندق برای رطوبت ۲٪ و در جهت محور Xها و کمترین نیروی شکست برای رطوبت ۹٪ و در جهت محور Zها می‌باشد. براگا و همکاران (۱۹۹۹)، آیدین (۲۰۰۲) و گونر و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که با افزایش رطوبت، نیروی شکست میوه کاهش می‌یابد. همچنین گونر و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند جهت بارگذاری بر نیروی شکست پوست میوه تاثیر دارد و در جهت بارگذاری محور Xها بیشترین مقدار را داراست.



شکل ٤: اثر رطوبت و جهت بارگذاری بر تغییر شکل ویژه



شکل ۵: اثر رطوبت و جهت بارگذاری بر نیروی شکست پوسته



رطوبت، درصد (بر پایهٔ تر)

شکل٦: اثر رطوبت و جهت بارگذاری بر انرژی شکست

همان گونه که در شکل ٦ نشان داده شده است، انرژی شکست با افزایش رطوبت، افزایش یافت. بارگذاری فشاری در امتداد محور Z نسبت به محور X به انرژی شکست بیشتری نیاز داشت. بیشترین انرژی شکست ۱٤۸ نیوتون میلی‌متر در جهت محور Xها و برای رطوبت ۹٪ به دست آمد در حالی که کمترین انرژی شکست ۱۲۷ نیوتون میلی‌متر در جهت محور Xها و برای رطوبت ۲٪ گزارش شد. تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی به عنوان مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال، درجه‌بندی و فرآوری محصولات کشاورزی مورد توجه بوده است. اصولا طراحی ماشین‌های کشاورزی بدون توجه به این پارامترها ناقص و منجر به نتایج ضعیف خواهد گردید (راحمی و جوادی، ۲۰۰۰).

نتایج و بحث

۱- خواص فیزیکی فندق شامل ویژگی‌های ابعادی شامل: طول، عرض و ضخامت و خواص هندسی شامل: قطر متوسط هندسی با افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد. مقادیر متوسط طول، عرض و ضخامت و قطر متوسط هندسی برای رطوبت ۲٪ به ترتیب عبارت بودند از: ۱٦/۹۲، ۱۷/۵۹، ۱٤/۸۰ و ۱٦/۳۸ میلی‌متر و همچنین مقادیر مورد نظر برای رطوبت ۹٪ به ترتیب عبارت بودند از: ۱٦/۹۳، ۱۸/۲۵، ۱۵/۵۸، ۱٦/۸۸ و ۹۹/۷۸.

۲- رطوبت و جهت بارگذاری بر خواص مکانیکی فندق تاثیرگذار بود. تغییر شکل ویژه و انرژی شکست با افزایش رطوبت، افزایش یافت در حالی که نیروی شکست با افزایش رطوبت، کاهش یافت.

۳- بیشترین مقدار تغییر شکل ویژه، نیروی شکست و انرژی شکست در جهت محور Xها بود.

منابع و مآخذ

۱- نجاتیان، م.ع. حسین آوا، س. جوادی،د. ۱۳۹۱. جمع آوری و ارزیابی مقدماتی برخی ژنوتیپ‌های فندق ایران. مجله به نژادی نهال و بذر.

۲- ماشاءاله کرمانی، ع. ۱۳۹۱. ارزیابی برخی خواص فیریکی و مکانیکی فندق و مغز آن. تابستان

3- Aydin,C. 2002. Physical properties of hazel nuts. Biosystems Engineering. , Vol. 82, pp. 297–303.

4- . Braga, G.C. Couto, S.M. Hara, T. Neto, J.T.P.A. 1999. Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol.72, pp. 239–245.

5- Guner, M. Dursun, E. Dursun, I.G. 2003. Mechanical Behaviour of Hazelnut under Compression Loading. Biosystems Engineering, pp. 485–491.

6- Liang, T. Chin, C. Mitchell,J.B. 1984. Modelling moisture influence on macadamia nut kernel recovery. Transactions of the ASAE, Vol.27, pp. 1538–1541.

7- Liu, R. Wang, C.H. Bathgate, R.G. 1999. Fracture analysis of cracked macadamia nutshells under contact load between two rigid plates. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol.74, pp. 243–250.

8- Mehlenbucher, A.S. Erdogan, V. 2000. Incompatibility in wild *corylu* species. ", Acta Hort, pp. 163-170.

9- . Mohsenin, N.N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, Inc., New York.

10- Navarrete, N.M. Chiralt, A. 1999. Water diffusivity and mechanical changes during hazelnut hydration. Food Research International, Vol.32, pp. 447–452.

11- Oloso, A.O. Clarke, B. 1993. Some aspects of strength properties of cashew nuts. ", Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 55, pp. 27–43.

12- Ozdemir, H. Ozilgen, M. 1997. Comparison of the quality of hazelnuts unshelled with different sizing and cracking systems. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 67, pp. 219–227.

13- Ozdemir, M. 1999. Comparison of the quality of hazelnut shelled with modified conical sheller and stone sheller. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 72, pp. 211–216.

14- Rahemi, M. Javadi, D. 2000. ," Effect of pollen source on nut and kernel characteristics of hazelnut. Acta Hort, pp. 371-376.

Physical and Mechanical properties of hazelnut

Abstract

in this study, the physical & mechanical properties of hazelnut were evaluated as functions of moisture content. The tests were carried out at two moisture contents of 2, 9% w.b. , & two axes (X , Z). the average length, width, thickness, the geometric men diameter, sphericity of nuts were 16.29, 17.59, 14.80, 16.38 mm &96.95% , respectively. The hazelnut were loaded between parallel plates to determine the specific deformation, rupture force & rupture energy required to initiate shell rupture. The results show that moisture content & loading direction have significant effects on the specific deformation, rupture force & rupture energy. By increasing of the moisture content, rupture force decreased, while the specific deformation & rupture energy increased in magnitude.

Keywords: physical properties, hazelnut, mechanical properties.