بررسی خواص مکانیکی بنه کرمان به منظور ارائه مکانیزم مناسب مغز کن

فاطمه کریمی [1]، رضا حسن بیگی [2] و علی فدوی [3]

1 - کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی

2 - استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه پردیس ابوریحان

3 - استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه پردیس ابوریحان

fateme_karimi2004@yahoo.com

چکیده

درخت بنه یا چاتلانقوش (P.atlantica) با دو زیر گونه Mutika و Kurdica، متعلق به خانواده Anacardiaceae می‌باشد. میوه بنه معطر و دانه آن روغنی به اندازه یک نخود و دارای مصارف داروئی و غذایی می باشد و از سه جزء اصلی پوسته خارجی، پوسته سخت (استخوانی) و مغز تشکیل شده است . به منظور طراحی وسیله مناسب جهت مغز کردن، برخی از خواص مکانیکی بنه استان کرمان مورد بررسی قرار گرفت. در هر آزمایش، هر هسته به صورت جداگانه در فاصله بین فک‌های ثابت و محرک دستگاه قرار گرفت و باحرکت فک محرک فشرده شد. همزمان نیرو تا لحظه شکست اندازه گیری و نمودار نیرو-تغییر شکل هسته به طور پیوسته ترسیم گشت. از روی نمودار نیرو- تغییرشکل هسته، حداکثر نیروی لازم برای شکستن هسته قرائت شد. انرژی مصرفی برای شکست هسته با محاسبه سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل هسته بدست آمد. آزمایشات بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی انجام و اثرات رطوبت هسته (در چهار سطح 4/50، 6/98، 8/9 و 18/79 درصد بر مبنای خشک) و جهت بارگذاری (در دو جهت طول و ضخامت) با سرعت بارگذاری ثابت 6/2 میلیمتر بر دقیقه، جهت بررسی انرژی شکست و تغییر شکل تا نقطه شکست هسته‌های بنه مطالعه گردید. هر آزمایش 15 مرتبه تکرار شد.

نتایج نشان داد که تأثیر دو عامل رطوبت و محور بارگذاری بر روی نیروی شکست هسته در سطح 1 درصد معنی دار بوده است. به‌ترین حالت شکستن هسته در رطوبت 8/9 درصد بر پایه خشک و در راستای ضخامت می‌باشد و این خصوصیت باید در طراحی مکانیزم مورد توجه قرار بگیرد . در این حالت نیروی شکست، تغییر شکل، انرژی شکست و چغرمگی به ترتیب N 175/16، 1/12 mm، 100/53 mJ و $0/55\ mJ/mm^3$ می‌باشد.

کلمات کلیدی: خواص مکانیکی، پسته وحشی، انرژی شکست، تغییر شکل، چغرمگی

مقدمه

درخت بنه یا چاتلانقوش (P.atlantica) با دو زیر گونه Mutika و Kurdica، متعلق به خانواده Anacardiaceae می‌باشد. انتشار گونه های پسته وحشی (بنه) با نام Pistacia Atlantica Mutika از جزایر قناری و کشورهای ساحل مدیترانه آغاز می شود و تا آسیای صغیر، سوریه، قفقاز، ایران، افغانستان و پاکستان امتداد می یابد میوه بنه معطر و دانه آن روغنی به اندازه یک نخود با دم میوه و دارای مصارف داروئی و غذایی می باشد و از سه جزء اصلی

پوسته خارجی، پوسته سخت (استخوانی) و مغز تشکیل شده است. پوسته خارجی میوه تازه‌رس ابتدا صورتی رنگ، سپس قرمز و در زمان رسیدگی سبز رنگ می‌شود[ثقه الاسلام، 1378].

در سال 2004، ازکن تحقیقاتی بر روی میوه درختان بنه در ترکیه انجام داد و ویژگی های غذایی آنها را بررسی کرد. اولئیک اسید (52/3 درصد)، پالمتیک اسید(21/3 درصد) و لینولئیک اسید(19/7 درصد) مهمترین اسیدهای چربی بودند که با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی در میوه بنه شناسایی شدند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که میوه این درخت سرشار از پروتئین، روغن و اسیدهای چرب اشباع نشده است که ارزش غذایی بالایی دارند . مصرف میوه بنه خاصیت دارویی داشته و من‌جر به کاهش سرفه، درد کمر، درد مفاصل، رفع سر درد، تقویت اعصاب، و ... می‌شود [ثقه الاسلام، 1378].

محصولات کشاورزی از زمان برداشت تا زمان مصرف معمولاً تحت تاثیر عوامل و فرآیندهای ساده‌ای مانند تمیز کردن، جدا کردن، شستشو، جابجایی و توزین و یا فرآیندهای تکمیلی یا تبدیلی قرار می‌گیرند. که به نوعی ویژگی-های محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بنابراین شناخت خواص مختلف فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و کنترل فرآیند می‌تواند در حفظ کمی و کیفی محصول تأثیر بسزایی داشته باشد.

برداشت مکانیکی، جابجایی توده‌ای، حمل و نقل و انبارکردن میوه‌ها و سبزی ها نیازمند اطلاعات پایه‌ای در زمینه خواص مکانیکی آنها می‌باشد. محصولات کشاورزی، از جمله دانه ها، مواد کشسان- مومسانی هستند که در اثر بارگذاری- باربرداری همیشه مقداری از انرژی را در خود ذخیره می کنند. بارهای وارده ممکن است با سرعت زیاد (ضربه) و یا بارهای با سرعت کم (شبه استاتیک) باشند، که رفتار مواد کشاورزی (تغییرشکل) و در نهایت صدمات وارده به آنها در برابر بار اعمالی (نیرو) متفاوت است. سرعت در بارگذاری، عامل زمان را نیز در تعیین این رفتار دخیل می کند. رفتار مواد در اثر بارگذاری ناشی از خصوصیات هندسی (شکل و اندازه) و ویژگی‌های مادی (جرم و ذرات تشکیل دهنده جسم) می‌باشد[mohsenin,1986]

خواص مکانیکی هسته بنه توسط حیدربیگی و همکارانش (2009) بررسی شد. در این تحقیق سرعت بارگذاری *25 mm/min* در نظر گرفته شد و سفتی میوه *88/69 N/mm*، نیروی شکست *143/067 N*، تغییر شکل *1/68 mm* و انرژی شکست *121/82 Kpa* گزارش شد.

تحقیقات فراوانی در زمینه تعیین خواص مکانیکی سایر محصولات کشاورزی صورت گرفته است. خزایی و همکاران (1382) تاثیر سرعت بارگذاری، اندازه بادام و جهت بارگذاری بر نیرو، انرژی و توان مورد نیاز بر ای شکستن بادام درختی رقم تکزاس را مطالعه و گزارش کردند که سرعت بارگذاری تاثیر معنی داری بر نیرو و توان لازم برای شکستن بادام در سطح 1 درصد دارد ولی تاثیر سرعت بر انرژی مصرفی، معنی دار نیست . اندازه بادام و جهت بارگذاری تاثیر معنی داری بر نیرو، انرژی و توان لازم برای شکستن بادام دارند.

الوال و همکاران(2007) ضمن استفاده از یک مغزکن گریز از مرکز تاثیر محتوای رطوبتی بر درصد شکست دانه-های بامبارا را بررسی و نتیجه گرفتند که با افزایش محتوای رطوبتی دانه، درصد دانه‌های شکسته افزایش می‌یابد. همچنین رفتار شکست هسته می وه انبه وحشی (بعد ازبرداشتن قسمت گوشتی وخوراکی آن)تحت بار شبه استاتیکی (سرعت بارگذاری*2 mm/min*) در راستای محور عرضی و طولی مورد مطالعه قرار گرفت . بعد از دسته-بندی میوه ها براساس اندازه (کوچک، بزرگ و متوسط) به این نتیجه رسیدند که نیروی مورد نیاز برای شکست دانه با افزایش قطر دانه افزایش می یابد اما جهت بارگذاری بر روی نیروی شکست معنی دار نبود و نیز انرژی شکست در راستای محور عرضی کمتر از محور طولی می باشد [Ogunsina, 2008].

نظری گلدار (2009) و همکاران دریافتند که با افزایش محتوای رطوبت پسته، نیروی شکست، تغییر شکل و انرژی شکست افزایش می یابد و بارگذاری در راستای محور طولی پسته دارای بیشترین نیروی شکست در مقایسه با

بارگذاری در راستای عرضی و ضخامت پسته می‌باشد. کیونسی و همکاران (2004) با بررسی رفتار شکست گردو به این نتیجه رسید که با افزایش ضخامت پوست گردو انرژی ش کست کاهش می یابد و این گونه استدلال کردند که پوست نازک بواسطه انعطاف پذیری بیشتر، زمان بیشتری برای شکست نیاز دارد . نیروی شکست با افزایش ضخامت پوست زیاد می شود. الوال و همکاران (2007) برای اندازه گیری انرژی شکست شینات از یک وزنه به جرم 0/44 کیلوگرم استفاده شد که از ارتفاع h در جهت محور طولی دانه رها شد و بعد از برخورد به دانه، انرژی ضربه محاسبه شد .

مواد و روشها

تعیین رطوبت

برای تعیین خواص فیزیکی هسته بنه، تست و ارزیابی دستگاه مقدار 45 کیلوگرم بنه کرمان خریداری شد . ابتدا پوست سبز، دانه های شکسته شده، مواد خارجی از قبیل سنگ، چوب و غیره از بنه‌ها جدا شده، سپس جهت رساندن هسته بنه ها به چهار سطح رطوبتی، هسته بنه ها به چهار دسته تقسیم و سه دسته آن به ترتیب به مدت 10، 20 و 120 دقیقه در آب قرار داده شد و سپس جهت تبخیر رطوبت سطحی به مدت 45 دقیقه بصورت لایه نازک در فضای آزاد قرار داده شد. این سه دسته همراه با نمونه ای که درون آب قرار نگرفته بود بترتیب A_0، A_1، A_2 و A_3 و میزانی که درون آب قرار نگرفته بود A_a نامگذاری شده و در پاکت‌های درب‌دار پلی اتیلنی قرار داده و به مدت 24 ساعت در داخل یخچال در دمای 4 درجه سلسیوس نگه‌داری شدند تا رطوبت به طور یکنواخت در داخل هسته‌ها نفوذ کند.[Oluwole et al., 2007; Atiku et al., 2004] برای هر آزمایش، مقدار مورد نیاز هسته از یخچال خارج و به مدت 6 ساعت در دمای اتاق نگهداری می‌شدند تا با محیط هم دما گردند. کلیه آزمایشات در دمای محیط صورت پذیرفت.

تعیین رطوبت مطابق دستورالعمل ASAE S410.1 در خصوص تعیین دانه‌های روغنی انجام گرفت، رطوبت هسته نمونه‌ها در دمای 130 درجه سلسیوس به مدت 6 ساعت درون آون برای تعیین محتوای رطوبتی نگهداری شد، میزان رطوبت آنها بر پایه تر اندازه گرفته شد . برای تعیین دقیق‌تر رطوبت هر سطح، آزمایش سه بار تکرار و مقدار میانگین بعنوان رطوبت آن سطح تعیین گردید . خواص مکانیکی در چهارسطح 4/50، 6/98، 8/9 و 18/79 درصد بر مبنای خشک مورد بررسی قرار گرفت که در آن، سطح اول بدون در آب قرار گرفتن، سطح دوم 10 دقیقه، سطح سوم 20 دقیقه و سطح چهارم 120 دقیقه در آب قرار گرفته‌اند.

تعیین خواص مکانیکی هسته بنه

خواص مکانیکی ویژگی‌هایی هستند که بر رفتار ماده کشاورزی تحت نیرو قرار گرفته، تأثیر می‌گذارند. قبل از هر آزمایشی، وضعیت ظاهری هسته‌ها بازدید می‌شد و در صورت مشاهده هر گونه ترک روی پوسته، از آزمایش خارج می‌گردید. برای تعیین نیرو، تغییر شکل و انرژی لازم برای شکستن هسته‌های بنه تحت اثر نیروهای شبه استاتیک از ماشین تست مواد بیولوژیکی استفاده شد. بارگذاری تا لحظه‌ای که نیرو به بیشترین مقدار خود می‌رسید و هسته شکسته می‌شد ادامه می‌یافت. بعد از شکست نمونه، نیرو به صورت ناگهانی کاهش می‌یافت. از روی نمودار نیرو- تغییرشکل هسته، حداکثر نیروی لازم برای شکستن هسته قرائت می‌شد. انرژی مصرفی برای شکست هسته با محاسبه سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل هسته و از رابطه (1) به دست آمد. [AKTAS et al. 2007].

$$E_a = \frac{1}{2} F_r D_r \qquad (1)$$

که در این رابطه D_r تغییر شکل در نقطه شکست بر حسب میلیمتر، F_r نیرو در نقطه شکست برحسب نیوتن و E_a انرژی شکست بر حسب میلی ژول می‌باشد.

چغرمگی(P) عبارت از انرژی واحد حجم در نقطه شکست می باشد. ابعاد هسته بنه قبل از هر آزمایش تعیین و با فرض شباهت آن به استوانه میزان حجم تقریبی مطابق رابطه (2)محاسبه شد. سپس مقدار چغرمگی ظاهری برای هسته بنه طبق رابطه (3) محاسبه شد[Olaniyan and Oje, 2002]:

$$V = \frac{1}{4}\pi D_a{}^2 l \qquad (2)$$

l طول هسته بنه بر حسب میلیمتر و D_a میانگین ضخامت و عرض هسته بنه برحسب میلیمتر می‌باشد.

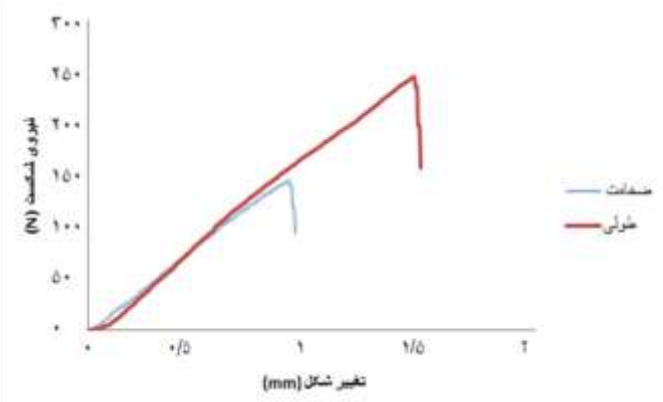
$$P = \frac{E_a}{v} \qquad (3)$$

آزمایشات بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی انجام و اثرات رطوبت هسته (در چهار سطح 4/50، 6/98، 8/9 و 18/79 درصد بر مبنای خشک) و جهت بارگذاری (در دو جهت طول و ضخامت) با سرعت بارگذاری ثابت 6/2 میلیمتر بر دقیقه، جهت بررسی انرژی شکست و تغییر شکل تا نقطه شکست هسته‌های بنه مطالعه گردید. هر آزمایش 15 مرتبه تکرار شد.

نتایج و بحث

خواص مکانیکی هسته بنه تحت بارگذاری شبه استاتیک

در این آزمایشات رفتار نیرو- تغییر شکل هسته بنه تحت بارگذاری شبه استاتیک تعیین شده است. از نتایج این آزمایشات می‌توان برای پیش بینی نیرو و توان لازم برای شکستن هسته‌ها استفاده نمود. رفتار نیرو - تغییر شکل هسته بنه، تحت بارگذاری شبه استاتیک در بارگذاری در دو جهت طول و ضخامت انجام شد . همان طور که از شکل 1 پیداست، هسته بنه دارای نقطه‌ی شکست مشخصی است که به راحتی از روی نمودار نیرو - تغییر شکل هسته قابل تشخیص است. بعد از شکست نمونه، نیرو به شدت کاهش می‌یافت که همین نقطه به عنوان نقطه‌ی شکست محسوب می‌گردد. در این تحقیق، نقاط بعد از نقطه شکست مورد بررسی قرار نگرفتند، چرا که نیروی مورد نیاز برای مغز کردن هسته های بنه می‌تواند معادل نیرو در نقطه شکست هسته فرض گردد [*Gupta and Das*, 2000] .



شکل 1- رفتار نیرو- تغییر شکل هسته بنه تحت بار گذاری با سرعت6/2 میلیمتر بر دقیقه

مقادیر نیروی شکست، تغییرشکل، انرژی شکست و چغرمگی هسته بنه

اثر ساده عوامل محتوای رطوبت و ج هت بارگذاری، همچنین اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری بر روی نیرو و انرژی شکست هسته و چغرمگی در سطح 1 درصد معنی‌دار شده است(جدول 1). اما اثر ساده محتوای رطوبت بر روی تغییر شکل هسته در سطح 5 درصد معنی‌دار، و اثر متقابل رطوبت و جهت بارگذاری غیر معنی دار شده است و این در حالی است که اثر جهت بارگذاری بر روی تغییر شکل در سطح 1 درصد معنی‌دار است.

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس(میانگین مربعات) اثر رطوبت و جهت بارگذاری هسته برخواص شکست هسته بنه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)			
		نیروی شکست(F_r)(N)	تغییر شکل (mm)(D_r)	انرژی شکست (mJ)(E_a)	چغرمگی(P) (mJ/mm^3)
رطوبت(db)	3	34109/65**	0/39*	65368/86**	2/17**
جهت بارگذاری	1	486498/09**	30/33**	164599/61**	54/02**
جهت بارگذاری×رطوبت	3	29929/41**	0/08 ns	50362/14**	2/19**
خطا	112	2578/23	0/11	7444/02	0/32

*و ** به ترتیب معنی دار در سطح 5٪ و 1٪ ، ns غیرمعنی‌دار

اثر محتوای رطوبت

با افزایش محتوای رطوبت همه موارد اندازه گیری شده سیر نزولی دارند (جدول 2). با افزایش رطوبت از 4/50 به 6/98، 8/90 و 18/79 درصد بر پایه خشک، نیروی شکست به ترتیب از 276/41 نیوتن به 270/26، 241/5 و 202/54 نیوتن کاهش می‌یابد که رطوبت 18/79 درصد اختلاف معنی داری در سطح 1درصد با سایر سطوح دارد. آکتاز و همکارانش (2007) در آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش محتوای رطوبت بادام، نیروی شکست کاهش می یابد. نتیجه مشابهی برای محصولات دیگر نیز گزارش شده است [Ekinci et al, (2010), Ozbek et al. (2009)] و این شاید به این دلیل باشد که، وقتی هسته بنه آب جذب می کند، پوست آن نرم و ضعیف می‌شود. اندازه تغییر شکل در نقطه شکست هسته بنه در سطوح متفاوت رطوبتی نیز سیر نزولی داشت که در مورد زردآلو نیز چنین نتیجه ای گزارش شده است [غائبی، 1387]. بیشترین انرژی شکست و چغرمگی در رطوبت 4/50 درصد به ترتیب برابر 261/94 mJ و $1/462\ mJ/mm^3$ می‌باشد. آکتاز و همکارانش (2007) نیز گزارش دادند که با افزایش محتوای رطوبت بادام، چغرمگی و انرژی شکست بادام کاهش می یابد.

اثر جهت بارگذاری

هر نیروی خارجی، در بافت داخلی هسته تنش های برشی ایجاد کرده و باعث شکست هسته می‌شود. بسته به چگونگی ترتیب سلول ها در بافت پوست هسته، نیروی معینی برای شکست آن لازم است که اندازه این نیرو بستگی به جهت اعمال نیرو دارد[Gupta and Das,2000]. مقدار نیروی شکست در راستای ضخامت کمتر از مقدار متناظر در راستای طول می باشد و مقدار متوسط آن برابر 184/01 نیوتن است که به طور معنی‌داری در سطح 1 درصد کمتر از سطح دیگر می‌باشد، این نتایج نشان می‌دهند که در شرایط شبه استاتیکی، نیروی فشاری کمتری برای مغز کردن هسته بنه در جهت ضخامت در مقایسه با جهت طولی مورد نیاز است. همچنین بیشترین تغییر شکل، انرژی شکست و چغرمگی به ترتیب 2/1 mm، 338/19 mJ و $1/91\ mJ/mm^3$ در راستای طول است که با بارگذاری در راستای ضخامت تفاوت معنی داری دارد. Altuntas و همکارانش (2010) به نتیجه مشابهی

برای بادام رسیدند که بارگذاری در جهت طول نی از به نیروی شکست و تغییر شکل بیشتری نسبت به دو جهت دیگر دارد. بر این اساس بارگذاری در جهت ضخامت برای شکستن هسته بنه با توجه به کمترین نیرو و انرژی شکست جهت مناسبی می‌باشد.

جدول 2- مقایسه میانگین خواص شکست در سطوح مختلف درصد رطوبت هسته و جهت بارگذاری با استفاده از آزمون دانکن

پارامتر	نیروی شکست$(F_r)(N)$	تغییر شکل (mm) (D_r)	انرژی شکست (mJ) (E_a)	چغرمگی (P) (mJ/mm^3)
رطوبت *(db)*				
% 4/50	**276/41**[a]	**1/73** [a]	**261/94** [a]	**1/46** [a]
% 6/98	**270/26**[a]	**1/63** [ab]	**247/65** [a]	**1/38** [a]
% 8/90	**241/5**[a]	**1/56** [ab]	**218/06** [a]	**1/26** [a]
% 18/79	**202/54**[b]	**1/46** [b]	**156/64** [b]	**0/85** [b]
جهت بارگذاری				
طول	**311/35** [a]	**2/1** [a]	**338/19** [a]	**1/91** [a]
ضخامت	**184/01** [b]	**1/1** [b]	**103/95** [b]	**0/57** [b]

در هر ستون، میانگین های هر فاکتور که دارای یک حرف مشترک باشند، تفاوت معنی داری در سطح 1٪ ندارند.

بررسی اثر متقابل محتوای رطوبت و جهت بارگذاری

بررسی اثر متقابل بر روی نیروی شکست

افزایش رطوبت از سطح 4/50 تا 18/79 درصد سبب کاهش معنی‌دار مقادیر میانگین نیروی شکست هسته بنه در بارگذاری در جهت طول از 370/46 به 222/15 نیوتن می‌شود، اما این افزایش رطوبت اثر معنی‌داری در بارگذاری در جهت ضخامت ندارد(جدول 3). بین سطح 4/50 و 6/98 درصد و همین طور بین 6/98 و 8/90 درصد تفاوت معنی داری مشاهده نشد. اما نیروی شکست در جهت های طولی و ضخامت در هر رطوبت اثر معنی داری دارد بجز در رطوبت 18/79 درصد که تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. در بررسی خواص مکانیکی، در آزمایشات اولیه بیشترین نیروی شکستی که ا ز شکستن کل هسته بنه ها در هر دو جهت ودر همه رطوبت ها بدست آمده است 464/11 نیوتن می‌باشد که این مقدار در رطوبت 4/5 درصد و درجهت طولی بدست آمد.

جدول 3- اثر متقابل محتوای رطوبت و جهت بارگذاری بر روی نیروی شکست هسته بنه

جهت بارگذاری	درصد محتوای رطوبت (db)			
	4/50	6/98	8/90	18/79
در جهت طول	370/46[a]	344/95[ab]	307/85[b]	222/15[c]
درجهت ضخامت	182/36[c]	195/58[c]	175/16[c]	182/94[c]

درج حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح 1٪ است.

بررسی اثر متقابل بر روی تغییر شکل

تغییر شکل، به ساختار بیولوژیکی مواد و خلل و فرج سلول های دانه بستگی دارد [Ekinci et al, (2010)]. اثر متقابل عوامل محتوای رطوبتی وجهت بارگذاری بر روی تغییر شکل در نقطه شکست هسته بنه، در جدول 4 نشان داده شده است. افزایش رطوبت اثر معنی داری در بارگذاری در جهت ضخامت بر روی تغییر شکل در نقطه شکست ندارد. همچنین در هر سطوح رطوبتی، بارگذاری در جهت های طولی و ضخامت بر روی تغییر شکل، اثر معنی داری دارد و بیشترین مقدار تغییر شکل در بارگذاری در جهت طولی رطوبت 6/98 درصد و برابر 2/29 میلیمتر می‌باشد. تغییر مقادیر تغییر شکل با افزایش رطوبت در دو جهت صرفاً افزایشی و یا کاهشی نمی‌باشد

جدول 4- اثر متقابل محتوای رطوبت و جهت بارگذاری بر روی تغییر شکل

جهت بارگذاری	درصد محتوای رطوبت (db)			
	4/50	6/98	8/90	18/79
در جهت طول	$2/08^{ab}$	$2/29^{a}$	$2/14^{ab}$	$1/89^{b}$
درجهت ضخامت	$1/03^{c}$	$1/18^{c}$	$1/12^{c}$	$1/03^{c}$

درج حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح 1٪ است.

بررسی اثر متقابل بر روی انرژی شکست

افزایش رطوبت از سطح 4/50 تا 8/90 درصد سبب تفاوت معنی‌دار بین میانگین انرژی شکست هسته بنه در بارگذاری در جهت طول نمی شود(جدول 5). اما رطوبت در سطح 18/79 درصد با سایر سطوح متفاوت است . بارگذاری درجهت ضخامت دارای اثر غیر معنی دار در همه سطوح رطوبتی بوده است . بارگذاری در جهت طولی دارای بیشترین انرژی شکست در همه سطوح رطوبتی نسبت به مقادیر متناظر در جهت ضخامت است.

جدول 5- اثر متقابل محتوای رطوبت و جهت بارگذاری بر انرژی شکست

جهت بارگذاری	درصد محتوای رطوبت (db)			
	4/50	6/98	8/90	18/79
در جهت طول	$398/08^{a}$	$403/16^{a}$	$335/59^{a}$	$215/92^{b}$
درجهت ضخامت	$97/22^{c}$	$120/71^{c}$	$100/53^{c}$	$97/36^{c}$

درج حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح 1٪ است.

بررسی اثر متقابل بر روی چغرمگی

جدول 6 نشان دهنده این است که با افزایش رطوبت در بارگذاری در جهت طول میزان چغرمگی از 2/27 به $1/13\ mJ/mm^3$ کاهش می‌یابد. بین چغرمگی در جهت ضخامت، در سطوح رطوبتی مورد مطالعه و همچنین بین سطوح 4/50، 6/98 و 8/90 درصد در بارگذاری طولی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما مقادیر متناظر در هر سطح رطوبتی در دو جهت طولی و ضخامت تفاوت معنی دار ضمن اینکه در همه سطوح چغرمگی در جهت طولی بیشتر از مقدار متناظر در جهت ضخامت می‌باشد.

جدول 6- اثر متقابل محتوای رطوبت و جهت بارگذاری بر چغرمگی

جهت بارگذاری	درصد محتوای رطوبت (db)			
	4/50	6/98	8/90	18/79
در جهت طول	$2/27^{a}$	$2/26^{a}$	$1/97^{a}$	$1/13^{b}$

درجهت ضخامت	$0/49^{c}$	$0/66^{bc}$	$0/55^{c}$	$0/57^{c}$

درج حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح 1٪ است.

به طور کلی نتایج نشان داد که تأثیر دو عامل رطوبت و محور بارگذاری بر روی نیروی شکست هسته در سطح 1 درصد معنی دار بوده است. به‌ترین حالت شکستن هسته در رطوبت 8/9 درصد بر پایه خشک و در راستای ضخامت می‌باشد. در این حالت نیروی شکست، تغییر شکل، انرژی شکست و چغرمگی به ترتیب 175/16 N، 1/12 mm، 100/53 mJ و $0/55\ mJ/mm^3$ می‌باشد.

منابع

- ثقه الاسلام، پ، مشخصات و خواص داروئی شیرین بیان و بنه، مجله اینترنتی آروین، 1387/9/12، <http:www.manager@arvinco.ir>
- خزایی، ج، برقعی، ع و راسخ، م، (1382) تعیین بعضی خواص فیزیکی و مکانیکی بادام درختی، <http:www.sid.ir>.
- Aktas, T., Polat, R. and Atay, U., (2007), Comparison Of Mechanical Properties Of Some Selected Almond Cultivars With Hard And Soft Shell Under Compression Loading, Food Process Engineering, 30, Pp 773–789.
- Altuntas, E., Gercekcioglu, R., and Kaya, C., (2010), Selected Mechanical and Geometric Properties of Different Almond Cultivars, International Journal Of Food Properties, 13: 282–293.
- ASAE, ASAE standards: ASAE S410.1 moisture measurement. Grains and seeds. St. joseph, Michigan.
- Ekinci, K., Yılmaz, D., and Ertekin, C., (2010) Effects of moisture content and compression positions on mechanical properties of carob pod (*Ceratonia siliqua* L.), African Journal of Agricultural Research Vol. 5(10), pp. 1015-1021.
- Hassan-beygi, S.R., Ghaebi, S.M. and Arabhosseini, A., (2009), some physic-mechanical properties of Apricot fruit, pit and kernel of ordubad variety, Agricultural Engineering International: the CIGR EJournal. Manuscript 1459. Vol. XI. 0CTOBERt.
- Heidarbeigi, K.,Kheiralipour, k., Ahmadi, H. and Tabatabaeefar, A., (2009), Some Physical and Mechanical Properties of khinjuk. Pakistan Journal of Nutrition.
- Nazari Galedar, M., Mohtasebi, S.S., Tabatabaeefar, A., Jafari, A., Fadaei, H., (2009), Mechanical behavior of pistachio nut and its kernel under compression loading, Journal of Food Engineering 95, 499–504.
- Mohsenin, N. N., (1986), Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach science publishers. New York.
- Olaniyan, A.M. And Oje, K., (2002), Some Aspects of the Mechanical Properties of Shea Nut. Biosystms Engineering, 81(4), Pp 413–420.
- Oluwole, F.A., Aviara, N., and Haque, M., (2007), Effect of Moisture Content and Impact Energy on the Crackability of Sheanut. Agricultural Engineering International, the CIGR Ejournal. Manuscript FP 07 002.
- Ozbek, O., Seflek, A. Y., and Carman, K. (2009), Some mechanical properties of safflower stalk. Applied Engineering Agricultural, pp. 619-625.
- Ozcan, M., (2004), characteristics of fruit and oil of terebinth (pistacia trebinthus L.) Growing Wild in Turkey, Food Agricultural, 84, pp. 517-520.

- Sharifian, f. and haddad derafshi, m., (2008), mechanical behavior of walnut under cracking conditions. Journal of applied sciences 8, pp. 886-890.
- Sirisomboon, P., Kitchaiya, P., Phopho, T., and Mahuttanyavanitch, W., (2007), Physical and mechanical properties of Jatropha curcas L. fruits, nuts and kernels, Biosystems Engineering, 97, pp. 201-207.