تاثیر رطوبت و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی شلتوک تحت آزمون خمش سه نقطه ای

مسیح نصری[۱] ، عباس همت[۲]، محمد زارعان[۱]، آرش حاجی صادقیان[۱]
۱و۲ به ترتیب دانشجویان کارشناسی ارشد و استاد گروه مهندسی بیوسیستم ،
دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. کد پستی۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶.

چکیده

تعیین خواص مهندسی شلتوک به منظور بهینه سازی طراحی ماشین آلات فرآوری این دانه جهت کاهش تلفات ضروری می باشد. طی این پژوهش، با انجام آزمون خمش بر روی دانه شلتوک واریته هاشمی، پارامترهای نیروی خمشی بیشینه، چقرمگی، مدول الاستیسیته، انرژی شکست و انرژی ویژه شکست در سه سطح محتوای رطوبتی (۷.۷۲، ۱۲ و ۱۸ درصد بر پایه خشک)و سه سطح سرعت (۰.۵،۱و ۲ میلی متر بر دقیقه) مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین وکمترین نیروی خمشی به ترتیب در رطوبت های ۱۲٪ و۷.۷۲ ٪ و سرعت ۲ میلی متر بر دقیقه برابر ۲۳.۰۲ و ۴.۵۲ نیوتن به دست آمد. بیشترین و کمترین میانگین تنش خمشی به ترتیب مربوط به رطوبت های ۱۸٪ و ۷.۷۲٪ و سرعت ۲ میلی متر بر دقیقه برابر ۲۴.۹۴ و ۱۴.۹۰ کیلو پاسکال بود. اثر اصلی محتوای رطوبتی بر روی نیروی خمشی بیشینه، چغرمگی، انرژی شکست و انرژی ویژه شکست در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد در حالی که بر روی مدول الاستیسیته معنی دار نشد. اثر اصلی سرعت تنها بر روی بیشینه نیروی خمشی و مدول الاستیسیته آن هم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد در حالی که اثر اصلی سرعت بر چغرمگی، انرژی شکست و انرژی ویژه شکست معنی دار نشد. اثر متقابل رطوبت و سرعت بر هیچ یک از خواص ذکر شده در بالا معنی دار نشد. با توجه به تغییر مدول الاستیسیته با تغییرات نرخ بارگذاری میتوان گفت که شلتوک ویژگی های یک جسم ویسکوالاستیک را دارا می باشد.

واژه های کلیدی: انرژی ویژه شکست، چغرمگی، خمش سه نقطه ای ، ماشین آلات فرآوری برنج، ویسکوالاستیک

مقدمه

برنج یکی از غلات معمولا پر مصرف و یک ماده غذایی اساسی برای بیش ازنیمی از جمعیت جهان است. برنج یک منبع مهم از انرژی، ویتامین ها، عناصر معدنی و اسیدهای آمینه نادر می باشد . تولید جهانی برنج از ۵۲۰ میلیون تن در سال ۱۹۹۰ به ۶۰۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۴ افزایش یافته است، در حالی که تولید برنج ایران از ۱.۳ میلیون تن در سال ۱۹۸۰ به ۳.۴ میلیون تن در سال ۲۰۰۴ افزایش یافته است (FAO,۲۰۰۵). برنج از لحاظ تولید دانه و سطح زیر کشت رتبه دوم پس از گندم را بخود اختصاص می‌دهد. این گیاه به علت پراکندگی زیاد در سطح دنیا و دارا بودن ارقام متعدد و قابلیت سازگاری بالا با دامنه وسیعی از اقلیم‌ها و شرایط کشت، منحصر بفرد می‌باشد(خدابنده، ۱۳۶۹).

دانستن خواص مکانیکی محصولات کشاورزی در روش ذخیره سازی مناسب و طراحی، اندازه گیری، تولید و راه اندازی تجهیزات مختلف مورد استفاده در برداشت و عملیات فرآوری این محصولات از اهمیت خاصی برخوردار است (Corrêa *et al*,۲۰۰۷). ارقام برنج در استان اصفهان علیرغم برخورداری از کیفیت، عطر، طعم و درجه پخت خوب، از نظر درصد شکستگی دانه از کیفیت پایینی برخوردار هستند که این مسئله به عنوان یک معضل مهم به شمار می رود. از طرف دیگر آسیاب کردن روند اعمال بار به دانه به منظور حذف لایه های سبوس و جوانه است (Lu and Siebenmorgen, ۱۹۹۵) . دانه‌های برنج در طول عملیات آسیاب کردن در معرض نیروهای اصطکاکی، فشاری ، خمشی ، برشی مختلف قرار دارند که شکستگی را به همراه دارد (Shitanda *et al*.,۲۰۰۲) . این شکستگی باعث کاهش عملکرد برنج سالم[۱] و ضرر و زیان های اقتصادی می شود. ارتباط عملکرد برنج سالم با خواص مکانیکی توسط محققان برای نشان دادن حساسیت ارقام برنج با شکستگی در طول فرآوری مورد استفاده قرار می گیرد. . ارتباط عملکرد برنج سالم با خواص فیزیکی و مکانیکی انتخاب شده دانه برنج مورد مطالعه قرار گرفته است (Lu and Siebenmorgen, ۱۹۹۵) . ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) خواص مکانیکی دانه های برنج سالم و ترک دار (زخم زده شده) و پیامدهای آن بر شکستگی برنج را گزارش کردند. نتایج آنها نشان داد که ترک دار کردن[۲] باعث می شود دانه برنج قبل از شکست نیروی کمتری را تحمل کند و انرژی تغییر شکل کمتری را جذب نماید.

آشتیانی عراقی و همکاران (۱۳۸۶) به منظور تعیین خواص مکانیکی شلتوک ، دو رقم رایج برنج منطقه اصفهان به نام های سرخه و ساز

و انرژی شکست ، انرژی ویژه شکست، بیشینه تنش خمشی ، چقرمگی و ضریب کشسانی ظاهری استخراج شد . نتایج تجزیه آماری مربوط به آزمون خمش ، حاکی از مع

در سطح احتمال ۱٪ بود ولی اثر رقم بر ضریب کشسانی ظاهری معنی دار نشد . آنها با تعیین شاخص کیفی عملکرد برنج سالم و بررسی رابطه بین بیشینه نیروی فشاری و خمشی با این شاخص ، به ای

عملکرد برنج سالم می باشد. ژانگ و همکاران(۲۰۰۵) با انجام آزمون خمش سه نقطه ای ، خواص مکانیکی برنج قهوه ای را پس از فرآیند

[۱] - HRY
[۲] - fissuring

خشک کردن اندازه گیری کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که با افزایش مدت زمان خشک کردن، ضریب کشسانی ، مقاومت خمشی و انرژی شکست در دانه های برنج سالم افزایش ولی در دانه های ترک دار ، این خواص کاهش می یابد.

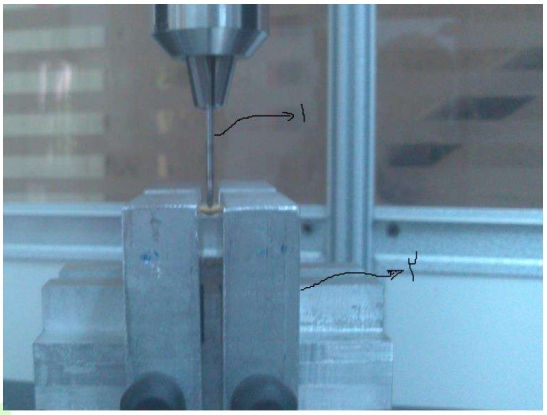
به منظور حل معضل شکستگی ، ضروری است که مراحل برداشت و پس از برداشت ارقام برنج در منطقه اصفهان به صورت علمی و دقیق مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا یکی از مهم ترین اقدامات ، شناخت و تعیین خواص مکانیکی ارقام برنج در منطقه همراه با تأثیر میزان رطوبت و سرعت بر آن‌ها می‌باشد. بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی تأثیر رطوبت و سرعت بر خواص مکانیکی شلتوک واریته هاشمی تحت آزمون خمش سه نقطه ای می باشد.

مواد و روش ها

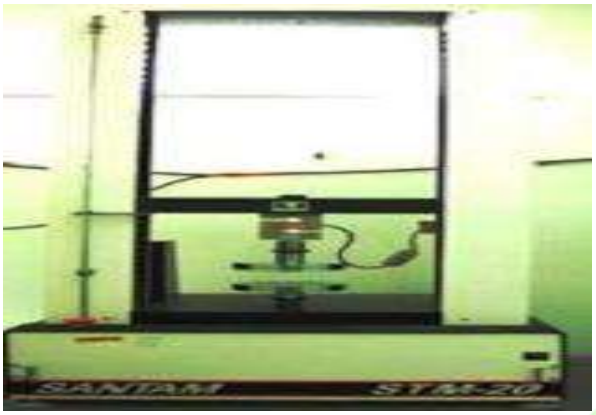
در این تحقیق از شلتوک های واریته هاشمی موجود در آزمایشگاه خواص دانشگاه صنعتی اصفهان استفاده شد. شلتوک ها به صورت دستی پاک شدند (دانه های شکسته و مواد اضافی از توده جدا شدند). برای بدست آوردن رطوبت اولیه سه نمونه از شلتوک ها به وسیله ترازوی دیجیتال به دقت ۰.۰۱ گرم توزین شد و به مدت ۱۶ ساعت در آون ۱۳۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت (ASAE, ۲۰۰۱b). رطوبت اولیه دانه ها ۷.۷۲ درصد بر پایه خشک به دست آمد . سپس نمونه های ۱۵۰ گرمی از شلتوک ها به طور تصادفی انتخاب شدند . نمونه ها به سطوح رطوبتی ۱۲ و ۱۸ درصد بر پایه خشک رسانده شدند. این میزان رطوبت از عملیات آسیاب در منطقه که در این محدوده بود (عابدی، ۱۹۹۷)، انتخاب شدند. نمونه های برنج در نهایت در دو کیسه ی پلاستیکی مهر و موم شدند و سپس به مدت یک هفته در یخچال قرار گرفتند تا به رطوبت تعادلی برسند. عمل هم زدن کیسه ها هر روز برای یکنواخت کردن رطوبت انجام می شد. قبل از انجام آزمایش ها نمونه ها از یخچال خارج و به مدت ۲ ساعت در دمای محیط قرار می گرفتند (Reddy and Chakraverty, ۲۰۰٤) .

برای انجام آزمون های خمش از دستگاه جامع کشش و فشار سنتام سری STM-۲۰ ساخت شرکت طراحی مهندسی سنتام [۳] واقع در آزمایشگاه خواص دانشگاه صنعتی اصفهان استفاده شد(شکل ۱). برای انجام آزمون خمش ، قطعه ای به عنوان (دو) تکیه گاه دانه و نیز عامل بارگذاری (قطعه بالایی) ساخته شد (شکل ۲) .

[۳] - Santam Co.



شکل ۲ –تکیه گاه دانه و عامل بارگذاری. ۱: عامل بارگذاری۲: تکیه گاه دانه



شکل ۱– دستگاه جامع کشش و فشار سنتام

در هر آزمون ، دانه شلتوک به صورت افقی و از طرف قطر بزرگ و پهلو به صورت تیر بر روی تکیه گاه ها قرار گرفته و مجموعه تکیه گاه و عامل بارگذاری بین دو فک اصلی دستگاه قرار داده شد(شکل ۲). سپس با اعمال نیروی شبه استاتیک با سه آهنگ بارگذاری ۰.۵، ۱ و ۲ میلی متر بر دقیقه بر دانه ها، منحنی نیرو– تغییر شکل خمشی برای تمامی نمونه ها به دست آمد.

در این آزمایشات، ۹۰ دانه برنج سالم به طور تصادفی برای اندازه گیری خواص مکانیکی انتخاب شدند. پس از رسم منحنی پارامتر های تغییر شکل در نقطه شکست(X_{max}) و نیروی شکست(F_{max}) از روی منحنی تعیین شد.آنگاه پارامتر های انرژی شکست(G)، انرژی ویژه شکست (G_s)، بیشینه تنش خمشی (σ_{max})، چقرمگی (Th) و ضریب کشسانی ظاهری (E) مطابق با روابط ۱ تا ۹ محاسبه شدند (zhang *et al.*,۲۰۰۵). در مورد انرژی شکست داریم:

$$G=\int F.d\delta \qquad (۱)$$

که در آن $\int F.d\delta$ سطح زیر منحنی بر حسب ژول ، F بر حسب نیوتن و δ بر حسب متر می باشد. انرژی ویژه شکست (J/m^2) نیز از رابطه زیر به دست می آید:

$$Gs=\int \frac{F.\delta}{A} \qquad (۲)$$

که A مساحت سطح شکست (m^2) بوده و از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$A=\frac{\pi BD}{4} \qquad (۳)$$

B و D به ترتیب قطرهای متوسط و کوچک دانه بر حسب (m) می باشند.

حداکثر تنش خمشی (σ) که یک ماده می تواند تحمل کند قبل از آن که توسط یک بار خمشی پاره شود توسط معادله زیر محاسبه می شود:

$$\sigma_{max}= F\ LS/٤I \qquad (۴)$$

بیشینه نیروی خمشی (نیروی شکستگی) برای محاسبه حداکثر تنش خمشی مورد استفاده قرار گرفت. فاصله دهانه (L) ۷ میلی متر مطابق با متوسط طول دانه برنج بود. فاصله از محور خنثی تا لایه بیرونی دانه برنج (S) به عنوان نیمی از ضخامت دانه برنج در نظر گرفته شد. با فرض بیضی بودن مقطع دانه گندم ، پارامترهای C و I را می توان از روابط زیر به دست آورد:

$$C=D/٢ \qquad (۵)$$

$$I=۰.۰٤۹BD^{٣} \qquad (۶)$$

مقدار چغرمگی از نسبت انرژی شکست به حجم دانه یعنی رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$Th=\int \frac{Fb.\delta}{v} \qquad (۷)$$

که در آن Th چغرمگی ($N.m/m^{٣}$) و V حجم دانه بر حسب $m^{٣}$ می باشد. حجم دانه از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$V=\frac{٤\pi abc}{٣} \qquad (۸)$$

که a، b و c به ترتیب برابر نصف اقطار بزرگ ، متوسط و کوچک دانه می باشند. ضریب کشسانی ظاهری (E) بر حسب (پاسکال) نیز از رابطه زیر به دست آمد. در این رابطه δ تغییر شکل(m) متناظر با نیروی F می باشد (zhang *et al*.,۲۰۰۵).

$$E= FL^{٣}/٤٨I\delta \qquad (۹)$$

در مجموع ۹۰ تست خمش بر روی دانه گندم انجام شد که شامل ۳ سطح رطوبتی، ۳ سرعت بارگذاری و ۱۰ تکرار بود. برای تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده از طرح فاکتوریل در قالب بلوک های کاملا تصادفی و برای مقایسه میانگین اثرات اصلی از آزمون کمترین اختلاف معنی دار[٤] (سطح احتمال ٥ درصد) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده ازنرم افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

در آزمون خمش سه نقطه ای ، سرعت های بارگذاری پایین به این دلیل انتخاب شد که سرعت بارگذاری پایین می تواند زمانی که شکستگی به اتمام می رسد انرژی الاستیک ذخیره شده باقی مانده (zhang *et al*.,۲۰۰۵) را به حداقل رساند .

خلاصه نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به خواص مکانیکی دانه در رطوبت و سرعت های مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

[٤] - LSD

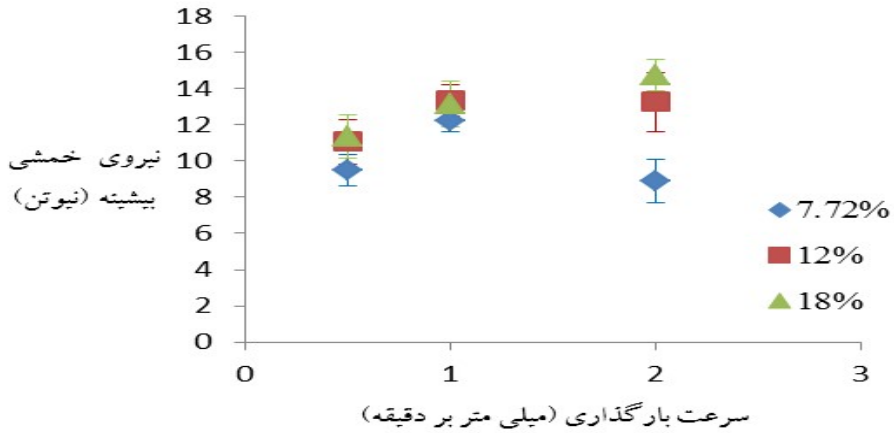
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس خواص مکانیکی دانه های شلتوک در رطوبت و سرعت بارگذاری های مختلف

خواص مکانیکی	منابع تغییرات: رطوبت		سرعت		رطوبت* سرعت	
	میانگین مربعات	مقدار F	میانگین مربعات	مقدار F	میانگین مربعات	مقدار F
بیشینه نیروی خمشی(N)	۷۱.۰۶	۵.۶۸**	۴۱.۷۳	۳.۳۳*	۱۷.۴۲	$۱.۳۹^{n.s}$
مدول الاستیسیته(MPa)	۱۷۲۱.۸۳	$۰.۴۱^{n.s}$	۱۵۴۷۱.۷۱	۳.۷۶*	۷۷۳۵.۸۵	$۱.۸۸^{n.s}$
چغرمگی (MJ/m^3)	۰.۰۵۰۷	۱۹.۶۲**	۰.۰۰۱۶	$۰.۶۳^{n.s}$	۰.۰۰۲۹	$۱.۱۴^{n.s}$
انرژی شکست($J*۱۰^{-۳}$)	۲۷.۳۳	۱۷.۷۲**	۰.۹۷	$۰.۶۳^{n.s}$	۱.۷۵	$۱.۱۴^{n.s}$
انرژی ویژه شکست $J/m^۲$	۱۵۹۸۳۶۶.۶	۱۸.۵۵**	۵۴۶۰۲.۲۳	$۰.۶۳^{n.s}$	۹۶۷۹۵.۴۷	$۱.۱۲^{n.s}$

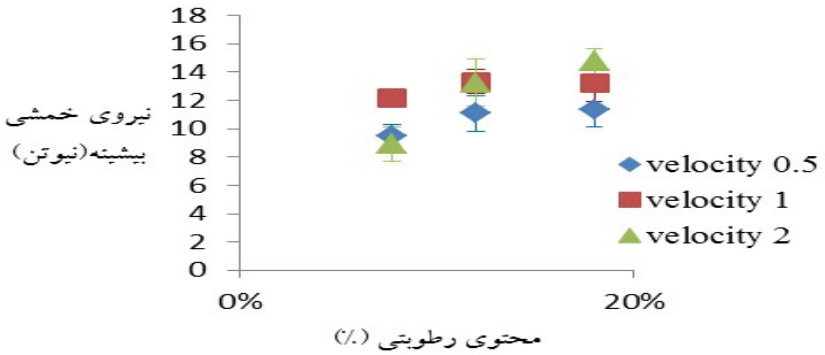
** معنی دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی دار در سطح احتمال ۵٪، $^{n.s}$ عدم اثر معنی دار

نیروی خمشی بیشینه

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات اصلی رطوبت و سرعت بر نیروی خمشی بیشینه به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵٪ معنی دار شد یعنی رطوبت ها وسرعت های مختلف دارای نیروی خمشی بیشینه متفاوت هستند ولی اثرات متقابل این دو عامل بر نیروی خمشی بیشینه معنی دار نشده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر سرعت بر نیروی خمشی بیشینه بین سه رطوبت نشان داد که بیشترین نیروی خمشی در بیشترین رطوبت(۱۸٪) و بیشترین سرعت بارگذاری(۲ میلی متر بر دقیقه) برابر با ۱۴.۷۴۴ نیوتن و کمترین آن در کمترین رطوبت(۷.۷۲٪) و بیشترین سرعت (۲ میلیمتر بر دقیقه) برابر با ۸.۹۰ نیوتن بدست آمد . نتایج مقایسه میانگین اثر سرعت بارگذاری بر نیروی خمشی بیشینه بین سه محتوای رطوبتی (شکل ۳) نشان داد که تفاوت دو به دوی تیمار های سرعت در همه موارد به جز در محتوای رطوبتی ۱۲ درصد بین سرعت ۱ و ۲ میلی متر بر دقیقه معنی دار می باشد. نتایج مقایسه میانگین اثر محتوی رطوبت بر نیروی خمشی بیشینه بین سه سرعت (شکل۴) نشان داد که تفاوت دو به دوی تیمار های رطوبتی بر نیروی خمشی بیشینه معنی دار می باشد.



شکل ۳ – میانگین اثر اصلی سرعت بارگذاری بر نیروی خمشی بیشینه دانه شلتوک

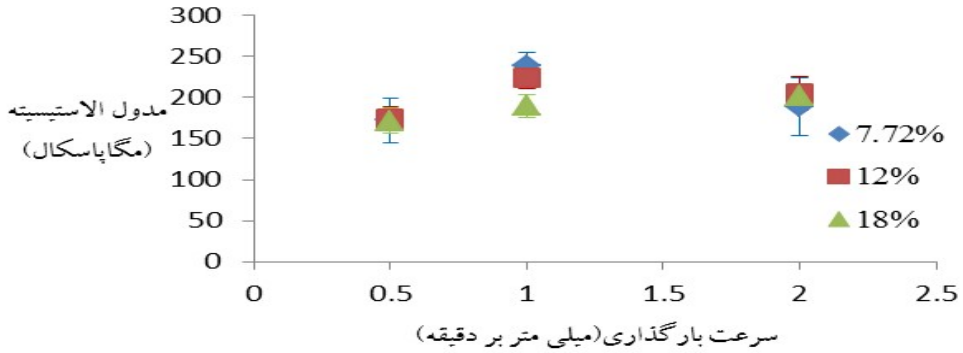


شکل ٤ – میانگین اثر محتوای رطوبتی بر نیروی خمشی بیشینه دانه شلتوک

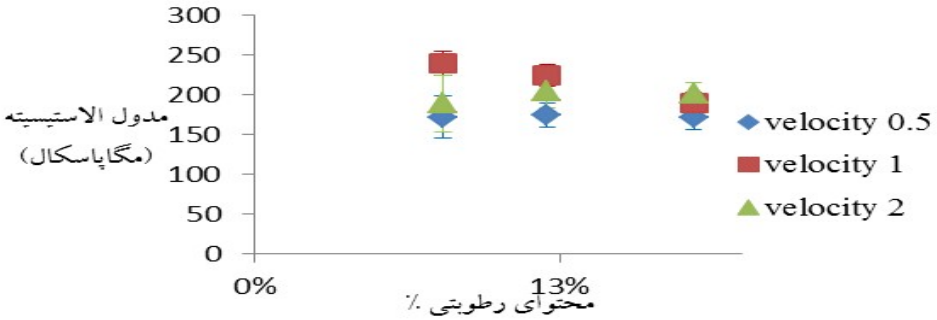
مدول الاستیسیته

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر اصلی محتوای رطوبتی دانه و اثر متقابل محتوای رطوبتی و سرعت بارگذاری بر مدول الاستیسیته دانه معنی دار نشد در حالی که اثر اصلی سرعت بارگذاری بر مدول الاستیسیته در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد(جدول ۱). هم چنین بیشترین مدول الاستیسیته در رطوبت ۷.۷۲٪ و سرعت بارگذاری ۱ میلیمتر بر دقیقه (با مقدار ۲۳۹.۱۶ مگا پاسکال) و کمترین مدول الاستیسیته در رطوبت ۱۸٪ و سرعت ۰.۵ میلیمتر بر دقیقه (با مقدار ۱۷۱.۶۵ مگاپاسکال) به دست آمد. از آنجایی که در مواد ترد، هر چقدر ضریب الاستیسیته دانه بیشتر باشد ، تردی آن بیشتر است پس آسیب پذیری دانه در رطوبت ۱۸ و سرعت ۰.۵ میلی متر بر دقیقه کمترین و در رطوبت ۷.۷۲ و سرعت ۱ میلیمتر بر دقیقه بیشترین است که از لحاظ منطقی نیز معقول به نظر می رسد(شکل ۵). با توجه به تغییر مدول الاستیسیته با تغییرات نرخ بارگذاری نتیجه می گیریم که شلتوک ویژگی های یک جسم ویسکوالاستیک را دارا می باشد که در مدلسازی باید این ویژگی مد نظر قرار گیرد. نتایج مقایسه میانگین اثر سرعت بارگذاری بر مدول الاستیسیته بین سه محتوای رطوبتی (شکل ۵) نشان داد که تفاوت دو به دوی تیمار های سرعت در همه موارد معنی دار می باشد. نتایج مقایسه میانگین اثر محتوای رطوبتی

بر مدول الاستیسیته بین سه سرعت بارگذاری (شکل ۶) نشان داد که تفاوت دو به دوی تیمار های رطوبت در سرعت های ۰.۵ و ۲ میلی متر بر دقیقه معنی دار نمی باشد اما در سرعت ۱ میلی متر بر دقیقه تفاوت معنی داری بین دو به دوی تیمارهای رطوبت وجود داشت.



شکل ۵ – میانگین اثر سرعت بارگذاری بر مدول الاستیسیته دانه شلتوک



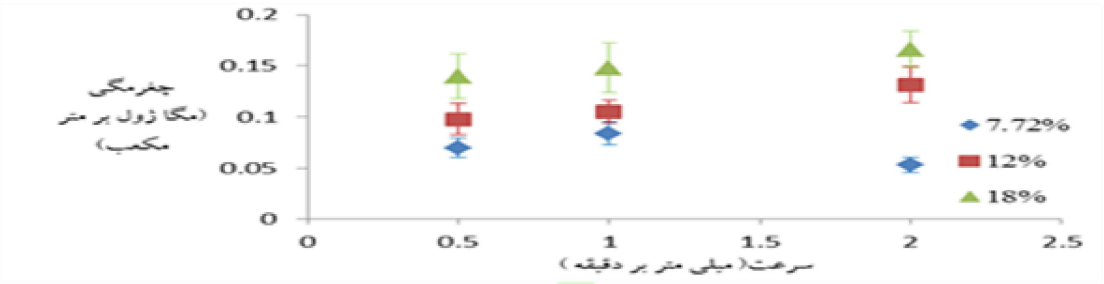
شکل ٦ – میانگین اثر محتوای رطوبتی بر مدول الاستیسیته دانه شلتوک

چغرمگی

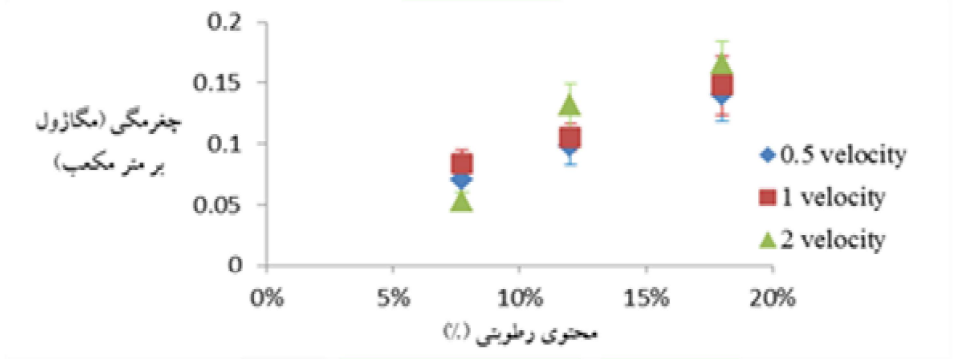
نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر اصلی رطوبت بر چغرمگی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد در حالی که اثر اصلی سرعت و اثر متقابل سرعت و رطوبت بر چغرمگی معنی دار نشدند(جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر رطوبت بر چغرمگی نشان می دهد که بیشترین چغرمگی در رطوبت ۱۸٪ و سرعت ۲ میلی متر بر دقیقه (با مقدار ۰.۱۶۶ مگاژول بر متر مکعب) و کمترین چغرمگی در رطوبت ۷.۷۲٪ و سرعت ۲)

همخوانی دارد. در مواد ترد، هر چقدر مدول الاستیسیته دانه بیشتر باشد، میزان تردی آن بیشتر و چغرمگی آن کمتر خواهد بود که همانطور که از نتایج آزمایش مشخص است رطوبت ۷.۷۲٪ تقریبا کمترین نتایج چغرمگی و بیشترین نتایج مدول الاستیسیته را داراست. نتایج مقایسه میانگین اثر سرعت بارگذاری بر چغرمگی بین سه محتوای رطوبتی (شکل ۷) نشان داد که تفاوت دو به دوی تیمار های سرعت

در همه موارد معنی دار می باشد. همچنین مقایسه میانگین اثر رطوبت بر چغرمگی بین سه سرعت بارگذاری (شکل ۸) نشان داد که تفاوت دو به دوی تیمار های رطوبت در همه موارد معنی دار می باشد.



شکل ۷- میانگین اثر سرعت بارگذاری بر چغرمگی دانه شلتوک

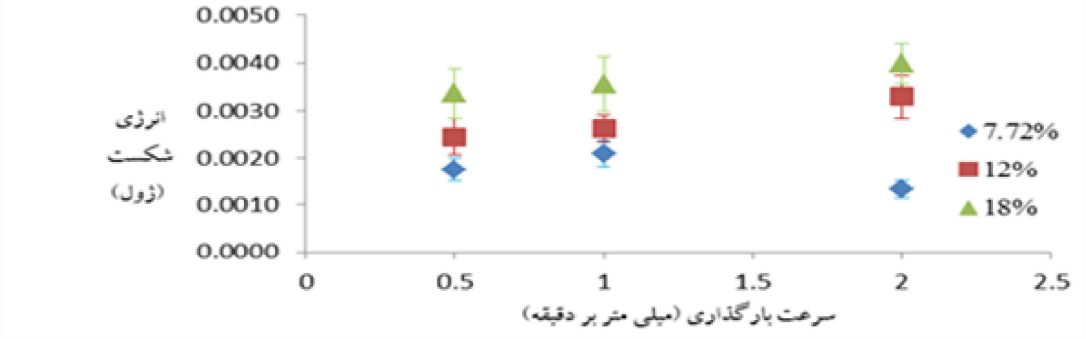


شکل ۸ – میانگین اثر محتوای رطوبتی بر چغرمگی دانه شلتوک

انرژی شکست(سطح زیر منحنی نیرو – تغییر مکان)

نتایج آنالیز واریانس داده های بدست آمده از انرژی شکست دانه نشان داد که اثر اصلی رطوبت بر انرژی شکست در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد در حالی که اثر اصلی سرعت و اثر متقابل سرعت و رطوبت بر انرژی شکست معنی دار نشدند(جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بر انرژی شکست که بیشترین انرژی شکست در رطوبت ۱۸٪ و سرعت بارگذاری ۲ میلی متر بر دقیقه (با مقدار ۳.۹۸ میلی ژول) و کمترین انرژی شکست در رطوبت ۷.۷۲ درصد و سرعت بارگذاری ۲ میلی متر بر دقیقه به دست آمد که بیانگر معنی دار بودن اثر رطوبت بر انرژی شکست می باشد که با نتایج جدول ۱ همخوانی دارد. نتایج مقایسه میانگین اثر سرعت بارگذاری بر انرژی شکست بین سه محتوای رطوبتی (شکل ۹

رطوبت بر انرژی شکست بین سه سرعت بارگذاری (شکل ۱۰) نشان داد که تفاوت دو به دوی تیمار های رطوبت در همه موارد معنی دار می باشد.

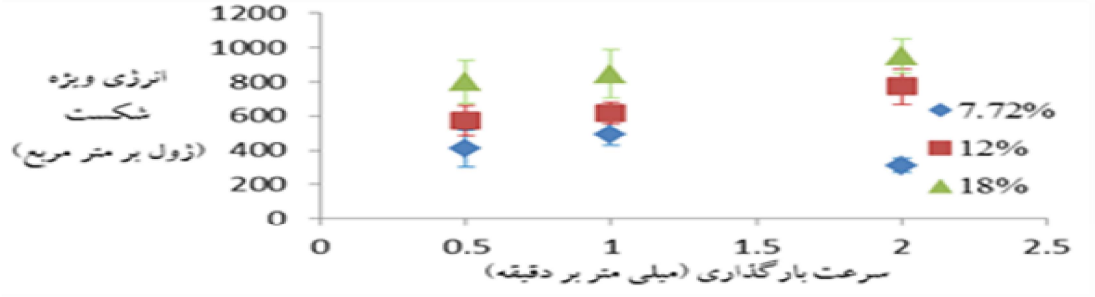


شکل ۹- میانگین اثر سرعت بارگذاری بر انرژی شکست دانه شلتوک

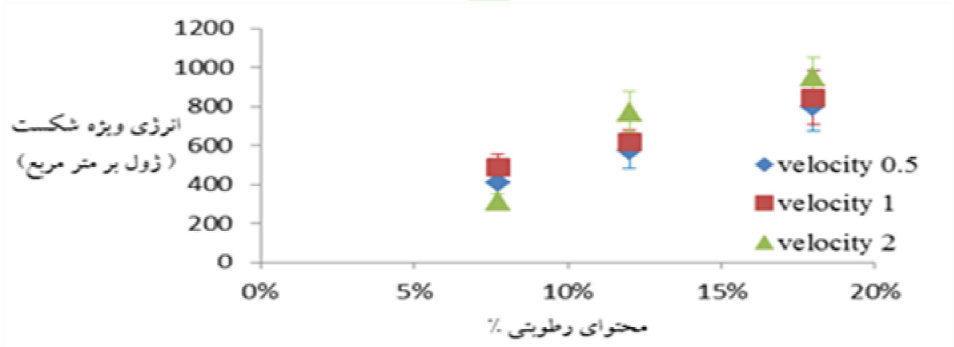
شکل ۱۰- میانگین اثر محتوای رطوبت بر انرژی شکست دانه شلتوک

انرژی ویژه شکست

نتایج آنالیز واریانس داده های بدست آمده از انرژی ویژه شکست دانه نشان داد که اثر اصلی رطوبت بر انرژی ویژه شکست در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد در حالی که اثر اصلی سرعت و اثر متقابل سرعت و رطوبت بر انرژی شکست معنی دار نشدند(جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین انرژی ویژه شکست نشان داد که بیشترین انرژی ویژه شکست در رطوبت ۱۸ درصد و سرعت ۲ میلی متر بر دقیقه با مقدار (۹۴۹.۸۵ ژول بر متر مربع) و کمترین انرژی ویژه شکست در رطوبت ۷.۷۲ درصد و سرعت ۲ میلی متر بر دقیقه با مقدار(۳۱۱.۶۸ ژول بر متر مربع) به دست آمد که بیانگر معنی دار بودن اثر رطوبت بر انرژی ویژه شکست می باشد که با نتایج جدول ۱ همخوانی دارد. . نتایج مقایسه میانگین اثر سرعت بارگذاری بر انرژی ویژه شکست بین سه محتوای رطوبتی (شکل ۱۱) نشان داد که تفاوت دو به دوی تیمار های سرعت در همه موارد معنی دار می باشد. همچنین مقایسه میانگین اثر رطوبت بر انرژی ویژه شکست بین سه سرعت بارگذاری (شکل ۱۲) نشان داد که تفاوت دو به دوی تیمار های رطوبت در همه موارد معنی دار می باشد.



شکل ۱۱ – میانگین اثر سرعت بارگذاری بر انرژی ویژه شکست دانه شلتوک



شکل ۱۲ – میانگین اثر محتوی رطوبتی بر انرژی ویژه شکست دانه شلتوک

نتیجه گیری کلی

۱- آسیب پذیری دانه (عدم مقاومت در برابر بارهای خمشی) در رطوبت ۱۸ درصد و سرعت ۰.۵ میلی متر بر دقیقه کمترین و در رطوبت ۷.۷۲ و سرعت ۱ میلیمتر بر دقیقه بیشترین است که در طراحی ماشین آلات فرآوری دانه شلتوک واریته .... می تواند مفید باشد.

۲- اثر اصلی رطوبت بر روی بیشینه نیروی خمشی، چغرمگی ، انرژی شکست و انرژی ویژه شکست در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار می باشد در حالی که بر روی مدول الاستیسیته معنی دار نیست پس رطوبت

۳- اثر اصلی سرعت تنها بر روی بیشینه نیروی خمشی و مدول الاستیسیته آن هم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد در حالی که اثر سرعت بر چغرمگی، انرژی شکست و انرژی ویژه شکست معنی دار نشد.

۴- با توجه به تغییر مدول الاستیسیته با تغییرات نرخ بارگذاری میتوان گفت که شلتوک ویژگی های یک جسم ویسکوالاستیک را دارا می باشد که در مدلسازی باید این ویژگی مد نظر قرار گیرد.

۶- بیشترین میانگین تنش خمشی مربوط به رطوبت ۱۸٪ و سرعت ۲ میلی متر بر دقیقه با مقدار ۲۴.۹۴۲ کیلو پاسکال و کمترین میانگین تنش خمشی مربوط به رطوبت ۷.۷۲ ٪ و سرعت ۲ میلی متر بر دقیقه با مقدار ۱۴.۹۰۳ کیلو پاسکال می باشد.

منابع

۱– آشتیانی عراقی ، ه.، صادقی، م.، همت، ع.، خوش تقاضا، م. ه. ۱۳۸۶. تعیین و بررسی خواص مکانیکی شلتوک برنج تحت آزمـون هـای فشاری و خمشی سه نقطه ای د
مکانیزاسیون، شیراز.

۲– خدابنده، ن. ۱۳۶۹. زراعت غلات، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۴۸ صفحه.

۳- Corrêa, P. C., F. Schwanz da Silva, C. Jaren, P. C. Afonso Junior and I. Arana. ۲۰۰۷.Physical and mechanical properties in rice processing. Journal of Food Engineering ۷۹: ۱۳۷-۱٤۲.

٤- ASAE Standard. ۲۰۰۱b. Moisture measurement-unground grain and seeds . American Society of Agricultural Engineers., PP: ٥٦۷-٥٦۸.

٥- Reddy, B. S., and A. Chakravertty. ۲۰۰٤. Physical properties of raw and parboiled paddy Biosystems Engineering ۸۸(٤): ٤٦۱-٤٦٦.

٦- Food and Agricultural Organization (FAO). ۲۰۰٥. Rice Production . Available from < http://faostat.fao.org >.

۷- Lu, T. and J. Siebenmorgen. ۱۹۹٥. Correlation of head rice yield to selected physical and mechanical properties of rice kernels. Transactions of the ASAE ۳۸: ۸۸۹-۸۹٤.

۸- Shitanda, D., Y. Nishiyama and S. Koide. ۲۰۰۲. Compressive strength of rough rice considering variation of contact area. Journal of Food Engineering ٥۳: ٥۳-٥۸.

۹- Zhang, Q., W. Yang and Z. Sun. ۲۰۰٥. Mechanical properties of sound and fissured rice kernels and their implications for rice breakage. Journal of Food Engineering , ٦۸: ٦٥-۷۰.

Effect of moisture content and loading rate on the mechanical properties of rice under three -point bending test

Masih nasri[۱*] Abbas hemmat[۲] mohammad zarean[۱] and arash hajisadeghian[۱]

۱- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Esfahan University of Technology

Masih.nasr@gmail.com

۲- Professor, Department of Biosystems Engineering, Esfahan University of Technology

Abstract

Determining of the Engineering properties of rice to optimize design of grain processing machines is necessary to reduce losses. In this study, these parameters include the maximum bending force, toughness, modulus of elasticity, fracture energy and specific fracture energy at three levels of grain moisture content (۷.۷۲, ۱۲ , ۱۸ % d.b.) and three level of loading rate(۰.۵, ۱,۲ mm/min) have measured and investigated by bending test on rice seed Hashemi variety. Maximum and minimum of bending strength was ۲۳.۰۲ and ٤.٥۲(N) which obtained at ۱۲٪ and ۷.۷۲٪ of moisture contents, two mm/min of loading rate, respectively. Maximum and minimum average of bending stress was ۲٤.۹٤ and ۱٤.۹۰(kPa) which obtained at ۱۸٪ and ۷.۷۲٪ of moisture contents, two mm/min of loading rate, respectively. The main effect of moisture content on the maximum bending force, toughness, fracture energy and specific fracture energy was significant at ۱٪ level, while on the modulus of elasticity was not significant. The main effect of the velocity on the maximum bending force and modulus of elasticity was significant at the ٥٪ level, while the main effect of speed on toughness, fracture energy and specific fracture energy not statistically significant. Interaction effect between moisture content and the loading rate was not significant in any of the properties listed above. Due to the change in modulus of elasticity with loading rate changes can be said that rough rice has the features of a viscoelastic body.

Key words: specific fracture energy, toughness, three point bending, processing machineries of rough rice, Viscoelastic