برخی خواص مکانیکی لوبیا چشم بلبلی

منصور راسخ *

دانشیار، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۰)

چکیده

در این تحقیق برخی خواص مکانیکی لوبیا چشم بلبلی رقم *کامران* شامل تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی، نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی در آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملا تصادفی با ۳ عامل، شامل ۴ محتوای رطوبتی (۷/۴۳، ۹، ۱۰/۵ و ۱۲ درصد بر پایه خشک)، ۴ سرعت بارگذاری (۵، ۳۰، ۵۵ و ۸۰ میلی‌متر بر دقیقه) و ۳ اندازه دانه (کوچک، متوسط و بزرگ) تعیین شد. نتایج نشان داد که رطوبت در سطح احتمال ۱ درصد بر کلیه خواص مکانیکی اثر معنی‌دار دارد. با افزایش رطوبت، انرژی لازم برای گسیختگی، چغرمگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی افزایش یافته در حالیکه نیروی لازم برای گسیختگی کاهش می‌یابد. با افزایش سرعت بارگذاری تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی، نیروی لازم برای گسیختگی و چغرمگی کاهش می‌یابد. با افزایش اندازه دانه تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی، نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی افزایش می‌یابد. اثر متقابل ۳ تایی رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه دانه برای تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی در سطح احتمال ۱ درصد و برای انرژی لازم برای گسیختگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است ولی برای نیروی لازم برای گسیختگی و چغرمگی معنی‌دار نشده است.

کلید واژگان: لوبیا چشم بلبلی، خواص مکانیکی، چغرمگی، گسیختگی

* مسئول مکاتبات: marasekh@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

۱- مقدمه

یکی از راه‌های اصولی برای جلوگیری از بروز صدمات مکانیکی، شناخت ویژگی‌های مقاومتی محصول تحت شرایط مختلف است. برای حصول به این اطلاعات، انجام آزمون‌های مکانیکی مانند آزمون فشاری مفید خواهد بود. به منظور کسب نتایج مفید از آزمایش‌ها به صورت اطلاعات قابل درک و قابل استفاده در طراحی مهندسی، مطالعه بر روی رفتار منحنی نیرو- تغییر شکل محصولات کشاورزی حاصل از آزمون فشاری ضروری است. نیروی لازم برای گسیختگی دانه معیار مناسبی برای طراحی با کارایی و کیفیت بالاتر می‌باشد که از آن می‌توان به عنوان اصول اولیه و اساسی در طراحی و تنظیم قسمت‌های مختلف ماشین‌هایی که با دانه در ارتباط می‌باشند، استفاده کرد [۱]. اطلاع از خواص مکانیکی و فاکتورهای موثر در گسیختگی محصولات کشاورزی برای مدل‌سازی و طراحی سیستم‌های خردکن و ماشین‌های پس از برداشت اهمیت دارد [۲]. همچنین تعیین نیرو و انرژی لازم برای گسیختگی دانه تحت اثر نیروهای شبه استاتیک برای مدل‌سازی و پیش‌گویی رفتار ماده در بارگذاری دینامیک، هنگام حمل و نقل و فرآوری دانه مفید هستند [۳]. بدین منظور از آزمون فشاری بر روی محصولات کشاورزی به منظور استخراج پارامترهایی که در طراحی سیستم‌های فرآوری و پس از برداشت مفید هستند، استفاده می‌شود [۴].

در تحقیقی اثر رطوبت، رقم و دمای خشک کردن بر خواص مکانیکی دانه سویا شامل نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی، چغرمگی و ضریب کشسانی ظاهری تحت بارگذاری شبه استاتیک تعیین شد. در این تحقیق اثر پارامترهای خشک‌کن شامل سه سطح رطوبت (۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد بر مبنای خشک)، سه سطح دمای خشک کردن (۵۰ ، ۶۰و ۷۰ درجه سلسیوس) و سه رقم سویا (هیل، پرشینگ و گرگان۳) بر خواص مکانیکی دانه سویا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد هر دو پارامتر رطوبت و دما تاثیر معنی‌داری بر نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی دانه دارند. به طوری‌که با افزایش رطوبت از ۱۰ به ۱۴ درصد مقادیر نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی افزایش داشته است و با افزایش دمای خشک کردن از ۵۰ به ۷۰ درجه سیلسیوس، نیروی لازم برای گسیختگی دانه نیز افزایش می‌یابد. همچنین معلوم شد رقم و رطوبت تاثیر معنی‌داری بر چغرمگی و ضریب کشسانی ظاهری دارند به طوری‌که ضریب کشسانی ظاهری دانه سویا با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد [۵]. در تحقیق دیگری اثر اندازه دانه در ۳ سطح (ریز، متوسط و درشت)، رطوبت در سه سطح (۷، ۱۲ و ۱۶ درصد بر پایه تر) و جهت بارگذاری در دو سطح (پهلو و از رو) بر نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی دانه سه رقم نخود ایرانی (بیونژ، کاکا و جم) تحت اثر نیروهای شبه استاتیک مطالعه شد. نتایج نشان داد هر ۴ عامل اندازه دانه، رقم، رطوبت دانه و جهت بارگذاری تأثیر معنی‌داری بر نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی دانه دارند. همچنین با افزایش رطوبت از ۷ به ۱۶ درصد، نیروی لازم برای گسیختگی کاهش و انرژی لازم برای گسیختگی افزایش داشت. نیرو و انرژی لازم برای گسیختگی دانه در بارگذاری از پهلو بطور معنی‌داری بیشتر از بارگذاری از رو بدست آمد [۳].

در پژوهشی دیگر خواص مکانیکی دانه لوبیا چیتی رقم محلی مشکین شهر در یک آزمایش فاکتوریل با سه عامل رطوبت، جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد اثر متقابل سه‌تایی رطوبت، سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری و اثر متقابل ۲ تایی رطوبت و سرعت بارگذاری بر چغرمگی، نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. به طوری‌که با افزایش رطوبت، نیروی لازم برای گسیختگی کاهش ولی انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی افزایش داشته است. همچنین نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی در بارگذاری در جهت عرض دانه بیشتر از بارگذاری در جهت ضخامت دانه بوده است. علاوه بر این، با افزایش سرعت بارگذاری نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی کاهش داشته است و اثر متقابل ۲ تایی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

رطوبت و جهت بارگذاری بر چغرمگی، نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است [۶]. در تحقیق دیگری آلتونتاس و یلدز (۲۰۰۵) اثر محتوای رطوبتی را بر خواص مکانیکی باقلا تعیین کردند. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش رطوبت تغییر شکل در نقطه شکست و انرژی لازم برای شکست افزایش ولی نیروی لازم برای شکست کاهش می‌یابد [۷]. تکین و همکاران (۲۰۰۶) خواص مکانیکی لوبیا را به صورت تابعی از محتوای رطوبتی تعیین کردند. آنها دریافتند مقاومت در برابر پوست شدگی دانه‌های لوبیا با افزایش محتوای رطوبتی، از ۱۰۰/۷۶ به ۵۹/۰۱ نیوتن کاهش می‌یابد [۸]. خزایی (۲۰۰۸)، اثر سرعت ضربه و محتوای رطوبتی را بر آسیب‌های مکانیکی دانه‌های لوبیا سفید تحت بارگذاری ضربه‌ای مورد بررسی قرار داد. وی نشان داد سرعت ضربه و محتوای رطوبتی به میزان قابل توجهی بر آسیب‌های فیزیکی لوبیا موثر است. همچنین با افزایش سرعت ضربه از ۵ به ۱۲ متر بر ثانیه، آسیب مکانیکی از ۳/۲۵ به ۳۷/۵ درصد افزایش می‌یابد و با افزایش محتوای رطوبتی از ۵ به ۱۵ درصد، میانگین دانه‌های آسیب دیده ۱/۴ برابر کاهش پیدا می‌کند [۹].

سطح زیر کشت و مقدار تولید لوبیا در ایران در سال ۱۳۹۰ به ترتیب برابر با ۹۰۸۴۴ هکتار و ۱۹۴۱۱۱ تن و در جهان به ترتیب برابر با ۲۹۹۲۰۹۰۶ هکتار و ۲۳۲۳۰۰۳۴ تن می‌باشد [۱۰]. با توجه به اینکه تا به حال تحقیقی برای تعیین خواص مکانیکی لوبیا چشم بلبلی صورت نگرفته است. لذا با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت اطلاع از خواص مکانیکی لوبیا چشم بلبلی به منظور استفاده در سیستم‌های فرآوری لوبیا چشم بلبلی، تحقیق حاضر با اهداف زیر انجام شده است:

۱- تعیین خواص مکانیکی لوبیا چشم بلبلی شامل چغرمگی، نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطهٔ گسیختگی.

۲- بررسی تاثیر رطوبت، سرعت بارگذاری و اندازه دانه بر خواص مکانیکی لوبیا چشم بلبلی.

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق لوبیا چشم بلبلی رقم کامران مورد استفاده قرار گرفت، که پس از تهیه به آزمایشگاه خواص بیوفیزیک گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شد. برای بدست آوردن رطوبت اولیه، پنج نمونه لوبیا چشم بلبلی با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن شد و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۱± ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد در اجاق آزمایشگاهی قرار داده شدند [۶]. میانگین رطوبت اولیهٔ لوبیا چشم بلبلی معادل ۷/۴۳ درصد بر پایهٔ خشک بدست آمد. با توجه به اینکه محدوده رطوبت ۷/۴ تا ۱۲ محدوده متداول رطوبتی در مرحله انبارداری و برداشت است، لذا آزمایش‌ها در ۴ سطح رطوبتی ۷/۴۳، ۹، ۱۰/۵ و ۱۲ درصد انجام شدند. پس از تعیین رطوبت اولیهٔ، نمونه‌های دو کیلوگرمی از لوبیا به طور تصادفی انتخاب شدند. مقدار آب مورد نیاز برای اضافه کردن به توده اولیه برای حصول به رطوبت‌های مورد نظر از رابطه ۱ محاسبه گردید [۱۱].

(۱)

$$Q = \frac{W_i (M_f - M_i)}{100 - M_f}$$

در رابطه (۱):

Q = میزان آبی که برای رساندن لوبیا چشم بلبلی به رطوبت مورد نظر لازم است (گرم).

W_i = وزن نمونهٔ لوبیا چشم بلبلی (گرم).

M_i = رطوبت اولیه لوبیا چشم بلبلی (درصد).

M_f = رطوبت ثانویه لوبیا چشم بلبلی (درصد).

پس از محاسبه مقدار آب لازم و اضافه کردن آب به نمونه‌ها، نمونه در ظرف پلاستیکی درب‌دار ریخته شده و پس از به‌هم زدن، به مدت ۷۲ ساعت در یخچال قرار داده شدند تا به رطوبت تعادلی برسند [۶].

برای انجام آزمون فشاری از دستگاه آزمایش کشش - فشار[1] مدل STM-20 ساخت شرکت طراحی مهندسی سنتام[2] استفاده شد. دستگاه آزمون مورد استفاده در این

1. Tensile - compression Apparatus

2. SANTAM

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

تحقیق مجهز با بارسنج BONGSHIN مدل DBBP-1OO با ظرفیت ۱۰۰kgf بود. آزمون فشاری بدین ترتیب انجام شد که دانه لوبیا بین دو فک دستگاه قرار داده شدند و دستور شروع آزمایش توسط رایانه‌ای که به دستگاه مرتبط بود صادر می‌شد. هر دو فک به صورت صفحه تخت بوده و فک پایینی ثابت و فک بالایی متحرک بود. فشار تا جایی بر نمونه‌ها وارد می‌شد که همراه با شنیدن صدای شکست نمونه (بویژه در سطوح رطوبتی پایین) و یا کاهش نیروی گسیختگی در نمودار نیرو- تغییر شکل حادث می‌شد.

پس از انجام هر آزمایش نمودار نیرو- تغییر شکل بارگذاری و داده‌های متناظر نیرو و تغییر شکل در نرم افزار اکسل ذخیره شدند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، پس از ایجاد گسیختگی، مخصوصا در نمونه‌هایی با رطوبت کم، نیرو به طور ناگهانی افت می‌کرد. در نقطه‌ای که گسیختگی در آن ایجاد می‌شد، نیروی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی مستقیما با استفاده از نمودار نیرو- تغییر شکل و داده‌های متناظر نیرو- تغییر شکل ذخیره شده تعیین شدند و انرژی لازم برای گسیختگی و چغرمگی با استفاده از این نمودارها محاسبه شدند. برای این منظور از لحظه شروع بارگذاری تا لحظه گسیختگی نمونه‌ها، سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل تا نقطه گسیختگی که برابر با انرژی لازم برای گسیختگی است، محاسبه شد [۱۲]. چغرمگی طبق رابطه (۲) از تقسیم انرژی لازم برای گسیختگی لوبیا چشم بلبلی بر حجم معادل نمونه لوبیا چشم بلبلی بدست آمد [۱۳].

(۲)

$$T_n = \frac{E_b}{V}$$

در رابطهٔ (۲):

E_b = انرژی لازم برای گسیختگی لوبیا چشم بلبلی (میلی‌ژول).

T_n = چغرمگی لوبیا چشم بلبلی (میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب).

V = حجم دانه لوبیا چشم بلبلی (میلی‌متر مکعب).

حجم دانه با استفاده از حجم بیضی‌گون معادل و بر اساس رابطه (۳) بدست آمد [۱۴].

(۳)

$$V = \frac{\pi}{6} LWT$$

در رابطهٔ (۳):

T = ضخامت لوبیا چشم بلبلی (میلی‌متر)(اندازه بعد عمود بر عرض).

L = طول لوبیا چشم بلبلی (میلی‌متر).

W = عرض لوبیا چشم بلبلی (میلی‌متر).

برای اندازه‌گیری ابعاد از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شده است.

تجزیه واریانس نتایج طی یک آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملا تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف تیمارها با آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. متغیرهای مستقل شامل ۴ محتوای رطوبتی (۷/۴۳، ۹، ۱۰/۵ و ۱۲ درصد بر پایه خشک)، ۳ اندازه دانه کوچک (کمتر از ۰/۱ گرم)، متوسط (۰/۲-۰/۱ گرم) و بزرگ (بیشتر از ۰/۲ گرم) و ۴ سرعت بارگذاری (۵، ۳۰، ۵۵ و ۸۰ میلی‌متر بر دقیقه) است. برای اندازه‌گیری وزن دانه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شده است.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل رطوبت، اندازه دانه و سرعت بارگذاری بر خواص مکانیکی لوبیا چشم بلبلی در جدول شماره ۱ نشان داده شده‌اند.

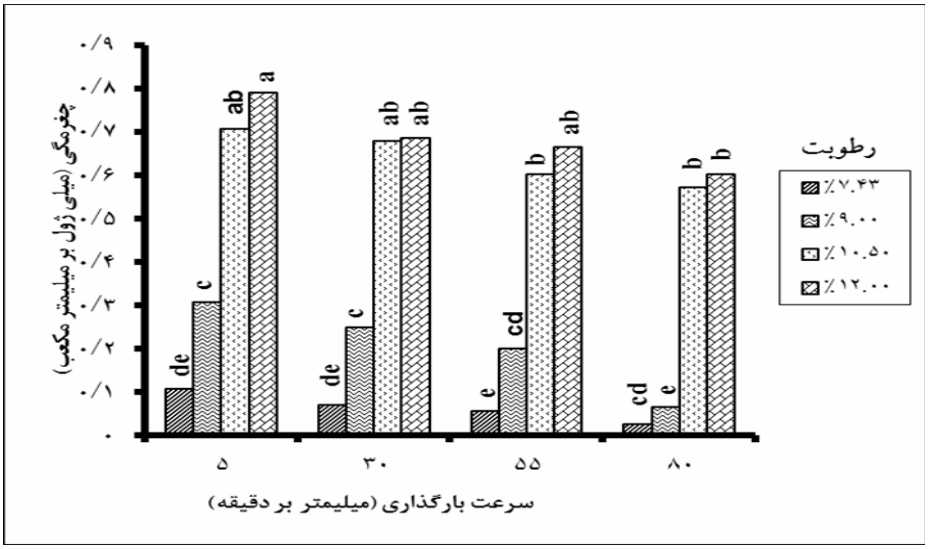
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

جدول ۱ نتایج حاصل از تجزیه واریانس خواص مکانیکی لوبیا چشم بلبلی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		چغرمگی (میلی‌ژول بر میلیمتر مکعب)	نیروی لازم برای گسیختگی (نیوتن)	تغییر شکل در نقطه گسیختگی (میلیمتر)	انرژی لازم برای گسیختگی (میلی‌ژول)
سرعت	۳	۰/۰۲۲$^{n.s}$	۱۴۷۱/۸۸۹$^{n.s}$	۰/۱۳۵**	۱۴۳۵/۷۸$^{n.s}$
رطوبت	۳	۷/۵۹۲**	۱۱۳۵۲/۱۸**	۱۹/۱۱۹**	۱۵۸۵۰۴/۶۱۴**
سرعت و رطوبت	۹	۰/۰۸۲**	۳۲۹۱/۱۱۳*	۰/۰۹۲**	۲۴۸۵/۱۰۵**
اندازه دانه	۲	۴/۱۵۸**	۷۵۶۸/۸۲۸*	۰/۱۵۶**	۶۶۹/۹۸۴$^{n.s}$
سرعت و اندازه دانه	۶	۰/۰۴۷$^{n.s}$	۴۱۱۶/۸۷۷*	۰/۱۱۸**	۱۶۲۸/۹۸۷*
رطوبت و اندازه دانه	۶	۰/۴۵۵**	۵۹۵۲/۵۲۱**	۰/۱۴۷**	۲۳۰۹/۳۰۶**
سرعت، رطوبت و اندازه دانه	۱۸	۰/۰۴۱$^{n.s}$	۱۵۳۴/۸۲۸$^{n.s}$	۰/۰۹۷**	۱۱۱۷/۲۶۶*
خطا	۲۸۸	۰/۰۴۴	۱۶۳۸/۷۲۳	۰/۰۳۲	۶۲۴/۷۸۲
کل	۳۵۵				

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و $^{n.s}$: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

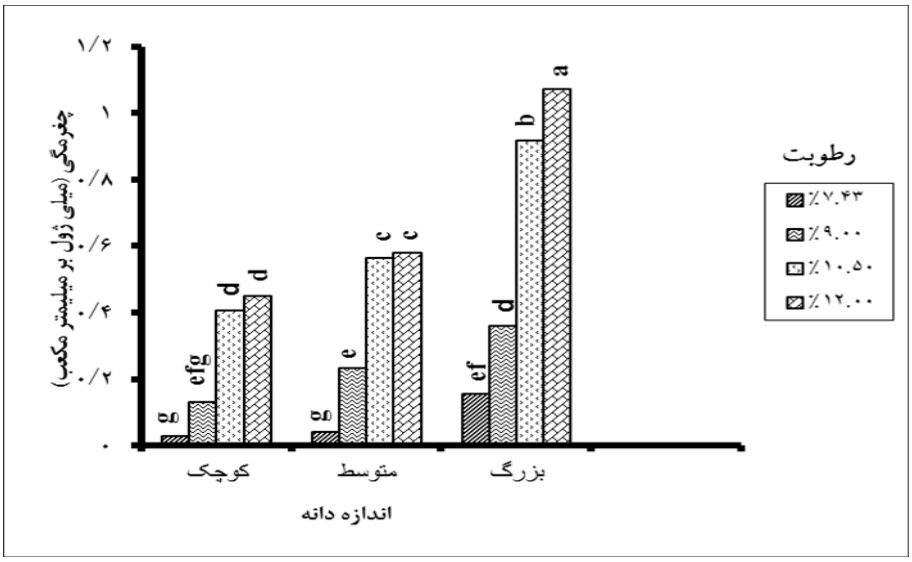
در شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب میانگین اثر متقابل ۲ تایی رطوبت و سرعت بارگذاری و اثر متقابل ۲ تایی اندازه دانه و رطوبت برای چغرمگی نشان داده شده است.



شکل ۱ میانگین اثر متقابل ۲ تایی رطوبت و سرعت بارگذاری برای چغرمگی (LSD= ۰/۱۲۷۴)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و $^{n.s}$: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]



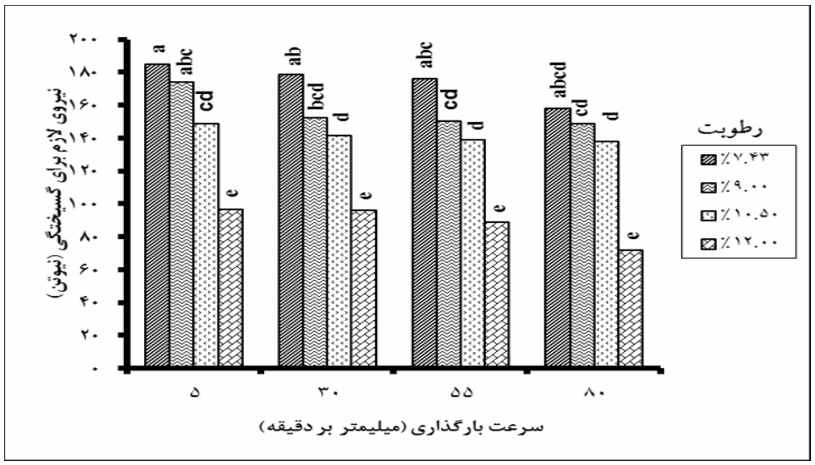
شکل ۲ میانگین اثر متقابل ۲ تایی اندازه دانه و رطوبت برای چغرمگی (LSD= ۰/۱۱۰۳)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * : معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

همانطور که در شکل ۱ مشخص است چغرمگی با افزایش سرعت بارگذاری کاهش و با افزایش رطوبت دانه افزایش یافته است. به طوری که کمترین مقدار آن برای سرعت بارگذاری ۸۰ میلیمتر بر دقیقه و رطوبت ۷/۴۳ درصد برابر با ۰/۰۵۸ میلی‌ژول بر میلیمتر مکعب و بیشترین مقدار آن در سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه و رطوبت ۱۲ درصد برابر با ۰/۷۹۱ میلی‌ژول بر میلیمتر مکعب است. دلیل کاهش چغرمگی با افزایش سرعت بارگذاری این است که با افزایش سرعت بارگذاری نیروی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی کاهش می‌یابد (شکل ۳) و با توجه به اینکه چغرمگی ارتباط مستقیم با انرژی لازم برای گسیختگی دارد و انرژی لازم برای گسیختگی نیز ارتباط مستقیم با نیروی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی دارد لذا چغرمگی با افزایش سرعت بارگذاری کاهش می‌یابد. همچنین از شکل‌های ۱ و ۲ مشخص است که با افزایش رطوبت چغرمگی افزایش می‌یابد. در واقع با افزایش رطوبت، بافت دانه نرم‌تر می‌شود و لذا تغییر شکل در نقطه گسیختگی افزایش می‌یابد و با افزایش تغییر شکل در نقطه گسیختگی انرژی لازم برای گسیختگی نیز افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتایج تحقیق زکی دیزجی و مینایی (۲۰۰۷)، برای دانه نخود [۱۵] و بارابواو همکاران (۲۰۰۸) برای دانه میوه درخت جوز آفریقایی مطابقت دارد [۱۶]. همچنین اسد زاده (۲۰۱۱)، نتیجه‌گیری کرد با افزایش سرعت بارگذاری برای پنبه دانه چغرمگی دانه کاهش می‌یابد [۱۷]. در شکل ۲ مشخص است که با افزایش اندازه دانه چغرمگی افزایش یافته است. علت این امر این است که بنا به شکل‌های ۴ و ۵ با افزایش اندازه دانه در هر سطح رطوبتی و هر سرعت بارگذاری، نیروی لازم برای گسیختگی دانه افزایش می‌یابد و از آنجایی که چغرمگی با انرژی لازم برای گسیختگی نسبت مستقیم دارد لذا با افزایش اندازه دانه چغرمگی دانه افزایش می‌یابد. قهاری کرمانی (۲۰۱۱)، نتیجه‌گیری کرد با افزایش اندازه دانه‌های لوبیا چیتی رقم محلی مشکین‌شهر، چغرمگی دانه افزایش می‌یابد [۶].

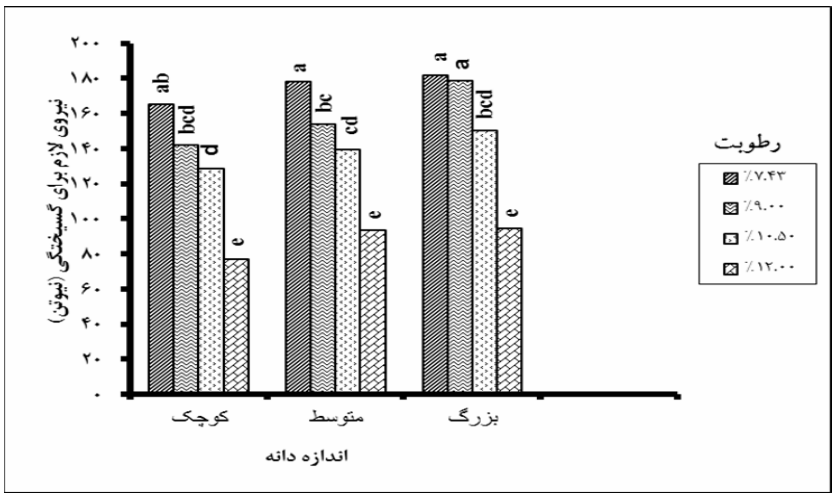
در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ به ترتیب میانگین‌های اثر متقابل ۲ تایی سرعت بارگذاری و رطوبت، اثر متقابل ۲ تایی رطوبت و اندازه دانه و اثر متقابل ۲ تایی سرعت بارگذاری و اندازه دانه برای نیروی لازم برای گسیختگی دانه لوبیا نشان داده شده است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]



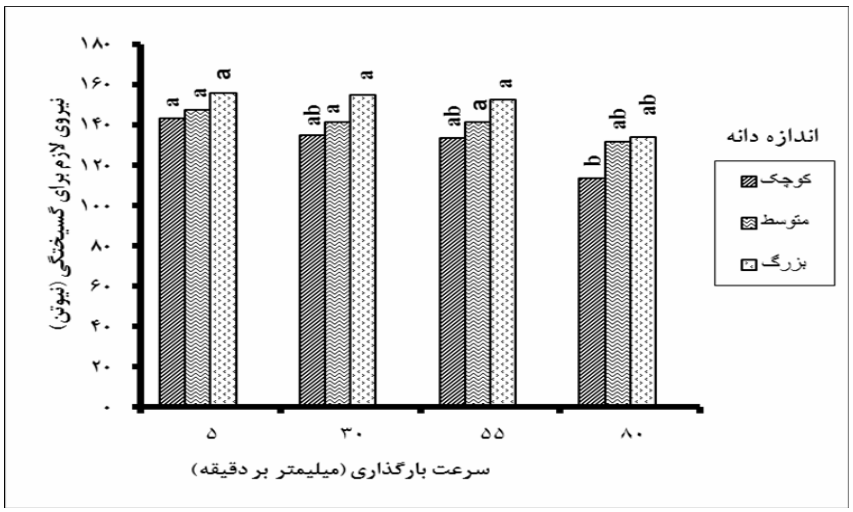
شکل ۳ میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و رطوبت برای نیروی لازم برای گسیختگی (LSD= ۲۱/۲۹)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * : معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار



شکل ۴ میانگین اثر متقابل رطوبت و اندازه دانه برای نیروی لازم برای گسیختگی (LSD= ۲۴/۵۹)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * : معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار



شکل ۵ میانگین اثر متقابل سرعت بارگذاری و اندازه دانه برای نیروی لازم برای گسیختگی (LSD= ۲۱/۱۸)

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * : معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

از شکل‌های ۳ و ۵ مشخص است با افزایش سرعت بارگذاری نیروی لازم برای گسیختگی کاهش می‌یابد و از شکل‌های ۳ و ۴ معلوم می‌شود با افزایش رطوبت دانه نیروی لازم برای گسیختگی دانه کاهش می‌یابد به طوری‌که کمترین مقدار آن در رطوبت ۱۲ درصد و سرعت بارگذاری ۸۰ میلی‌متر بر دقیقه برابر با ۷۱/۹۶ نیوتن و بیشترین مقدار آن در رطوبت ۷/۴۳ درصد و سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه برابر با ۱۸۵/۲ نیوتن می‌باشد. همچنین از شکل ۴ مشخص است نیروی لازم برای گسیختگی دانه با افزایش اندازه دانه افزایش می‌یابد. به طوری که بیشترین مقدار آن برای اندازه دانه بزرگ و در رطوبت ۷/۴۳ برابر با ۱۸۲/۱ نیوتن و کمترین مقدار آن برای اندازه دانه کوچک و رطوبت ۱۲ درصد برابر با ۷۷/۲۱ نیوتن می‌باشد. علت کاهش نیروی لازم برای گسیختگی با افزایش سرعت بارگذاری این است در بارگذاری در سرعت‌های بالاتر، بدلیل برخورد سریع تر فک متحرک دستگاه به دانه، نیروی لازم برای گسیختگی کاهش یافته و دانه‌ها در نیروی کمتری گسیخته می‌شوند. اسدزاده (۱۳۹۰)، ادعا کرد با افزایش سرعت بارگذاری، نیروی شکست پنبه دانه کاهش می‌یابد [۱۷]. همچنین قهاری کرمانی (۲۰۱۱)، برای لوبیا چیتی رقم محلی مشکین‌شهر [۶]، بداغی (۲۰۰۹)، برای ۲ رقم بادام درختی (آذر و نون پاریل) [۱۸] و زینالی (۲۰۱۱)، برای فندق [۱۹] به نتیجه مشابهی رسیدند.

کاهش نیروی لازم برای گسیختگی با افزایش رطوبت دانه به این دلیل است که در اثر جذب رطوبت توسط دانه، بافت دانه نرم‌تر می‌شود و لذا مقاومت کمتری برای گسیختگی نشان می‌دهد. اسد زاده، (۲۰۱۱)، برای پنبه دانه [۱۷] و همچنین قهاری کرمانی (۲۰۱۱)، برای لوبیا چیتی رقم محلی مشکین‌شهر [۶] ، بداغی (۲۰۰۹)، برای ۲ رقم بادام درختی (آذر و نون پاریل) [۱۸] و زینالی (۲۰۱۱)، برای فندق [۱۹] به نتیجه مشابهی رسیدند. علت افزایش نیروی لازم برای گسیختگی با افزایش اندازه دانه (شکل ۴) این است که دانه‌های بزرگ معمولا دارای بافتی محکم‌تر نسبت به دانه‌های کوچکتر بوده و لذا مقاومت بیشتری تا نقطه گسیختگی نشان می‌دهند. قهاری کرمانی (۲۰۱۱)، ادعا کرد برای لوبیا چیتی رقم محلی مشکین‌شهر با افزایش اندازه دانه، نیروی لازم برای گسیختگی دانه افزایش می‌یابد [۶]. در جدول شماره ۲ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه تایی سرعت بارگذاری، رطوبت و اندازه دانه بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی نشان داده شده است.

جدول ۲ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه تایی سرعت بارگذاری، رطوبت و اندازه دانه بر تغییر شکل در نقطه گسیختگی (LSD= ۰/۱۸۸۲)

سرعت بارگذاری (میلیمتر بر دقیقه)	رطوبت	اندازه دانه		
		کوچک	متوسط	بزرگ
۵	۷/۴۳	۰/۲۰۶ nopq	۰/۲۲۳ mnopq	۰/۳۴۳ lmnopq
	۹	۰/۴۴۶ lm	۰/۵۱۹ l	۰/۵۳۹ l
	۱۰/۵	۰/۸۲۹ ijk	۰/۹۸۴ ghij	۱/۱۸۸ cdefg
	۱۲	۱/۱۷۲ cdefg	۱/۳۳۷ bc	۱/۷ a
۳۰	۷/۴۳	۰/۱۷۲ pq	۰/۱۸ pq	۰/۲۲۷ mnopq
	۹	۰/۳۸۴ lmnop	۰/۴۱۳ lmno	۰/۴۶۳ l
	۱۰/۵	۰/۸۲۵ ijk	۰/۸۷۵ hijk	۱/۰۰۲ fghij
	۱۲	۱/۱۵۵ cdefg	۱/۲۸۵ bcd	۱/۴۴۶ b
۵۵	۷/۴۳	۰/۱۷ pq	۰/۱۷۶ pq	۰/۱۹۴ opq
	۹	۰/۳۷۸ lmnop	۰/۳۹۵ lmnop	۰/۴۲۵ lmn
	۱۰/۵	۰/۷۹۶ jk	۰/۸۶۶ hijk	۰/۹۹۸ fghij
	۱۲	۱/۰۴۳ efghi	۱/۲۲۹ cde	۱/۳۵ bc
۸۰	۷/۴۳	۰/۱۴۶ q	۰/۱۶۷ pq	۰/۱۹۳ opq
	۹	۰/۳۴۴ lmnopq	۰/۳۸ lmnop	۰/۴۱ lmno
	۱۰/۵	۰/۷۴۵ k	۰/۸۵۱ hijk	۰/۹۳۷ hijk
	۱۲	۱/۰۰۲ fghij	۱/۲۱۶ cdef	۱/۲۲۳ cde

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * : معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

از جدول شماره ۲ مشخص است با افزایش رطوبت دانه و اندازه دانه، تغییر شکل در نقطه گسیختگی افزایش می‌یابد و با افزایش سرعت بارگذاری تغییر شکل در نقطه گسیختگی کاهش می‌یابد. به طوری‌که بیشترین مقدار تغییر شکل در نقطه گسیختگی برای سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه، رطوبت ۱۲ درصد و اندازه دانه بزرگ برابر با ۱/۷ میلی‌متر و کمترین مقدار آن برای سرعت بارگذاری ۸۰ میلی‌متر بر دقیقه، رطوبت ۷/۴۳ درصد و اندازه دانه کوچک برابر با ۰/۱۴۶ میلی‌متر می‌باشد. علت افزایش تغییر شکل در نقطه گسیختگی با افزایش رطوبت، جذب آب توسط دانه و در نتیجه نرم‌تر شدن بافت دانه در اثر جذب آب می‌باشد. همچنین بدلیل اثر ضربه اعمال شده به دانه در سرعت‌های بالاتر مخصوصا سرعت ۸۰ میلی‌متر بر دقیقه، تغییر شکل در نقطه گسیختگی با افزایش سرعت بارگذاری کاهش یافته است. این نتیجه با نتیجه تحقیق قهاری کرمانی (۲۰۱۱)، برای لوبیا چیتی رقم محلی مشکین‌شهر [۶]، بداغی (۲۰۰۹)، برای دو رقم بادام درختی [۱۸] و اسد زاده (۲۰۱۱)، برای پنبه دانه مطابقت دارد. همچنین در هر یک از سرعت‌های بارگذاری دانه‌های بزرگ نسبت به دانه‌های متوسط و دانه‌های متوسط نسبت به دانه‌های کوچک، تغییر شکل بیشتری در نقطه گسیختگی دارند. قهاری کرمانی (۲۰۱۱)، در بارگذاری فشاری لوبیا چیتی رقم محلی مشکین‌شهر نتیجه‌گیری کرد با افزایش اندازه دانه، تغییر شکل در نقطه گسیختگی افزایش می‌یابد [۶].

در جدول شماره ۳ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه تایی سرعت بارگذاری، رطوبت و اندازه دانه بر انرژی لازم برای گسیختگی نشان داده شده است.

جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه تایی سرعت بارگذاری، رطوبت و اندازه دانه بر انرژی لازم برای گسیختگی (LSD= ۲۶/۳)

سرعت بارگذاری (میلیمتر بر دقیقه)	رطوبت	اندازه دانه		
		کوچک	متوسط	بزرگ
۵	۷/۴۳	۷/۱۹۱ k	۸/۱۵۶ k	۱۹/۷۴ jk
	۹	۳۲/۵۷ ijk	۴۲/۹۷ ghij	۴۷/۶۴ ghij
	۱۰/۵	۷۸/۰۱ cdef	۹۰/۶۵ bcde	۱۰۵/۷ bc
	۱۲	۱۰۷/۴ bc	۱۱۲/۵ b	۱۵۴/۱ a
۳۰	۷/۴۳	۶/۱۳۹ k	۸/۱۱۷ k	۱۰/۴۵ k
	۹	۲۶/۵۶ ijk	۲۷/۳۴ ijk	۳۷/۳۱ hijk
	۱۰/۵	۶۳ efgh	۸۱/۳۲ bcdef	۹۱/۴۸ bcde
	۱۲	۹۹/۵۳ bcd	۱۰۴/۱ bcd	۱۱۲ b
۵۵	۷/۴۳	۵/۸۹۵ k	۶/۷۷۲ k	۹/۰۲۴ k
	۹	۲۶/۴ ijk	۲۷/۲۱ ijk	۳۱/۴ ijk
	۱۰/۵	۶۲/۴۹ efgh	۸۰/۷۶ bcdef	۹۰/۹۲ bcde
	۱۲	۹۶/۷۳ bcd	۱۰۲/۸ bcd	۱۰۹/۱ bc
۸۰	۷/۴۳	۴/۹۵۷ k	۵/۳۱۴ k	۸/۶۵ k
	۹	۲۰/۳ jk	۲۵/۶۲ ijk	۲۸/۷۶ ijk
	۱۰/۵	۵۷/۲۳ fghi	۷۲/۵۴ defg	۸۹/۱۳ bcde
	۱۲	۸۳/۴۱ bcdef	۸۵/۵۲ bcdef	۱۰۳/۳ bcd

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * : معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

از جدول ۳ مشخص است با افزایش رطوبت و اندازه دانه انرژی لازم برای گسیختگی افزایش می‌یابد و با افزایش سرعت بارگذاری، انرژی لازم برای گسیختگی دانه کاهش می‌یابد. به طوری‌که کمترین آن برای سرعت ۸۰ میلی‌متر بر دقیقه، رطوبت ۷/۴۳ و اندازه دانه کوچک برابر با ۴/۹۵۷ میلی‌ژول و بیشترین مقدار آن برای سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه، رطوبت ۱۲ درصد و اندازه دانه بزرگ برابر با ۱۵۴/۱ میلی‌ژول است. انرژی لازم برای گسیختگی برابر با سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل تا نقطه گسیختگی است. لذا با توجه به افزایش تغییر شکل در نقطه گسیختگی با افزایش رطوبت و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

اندازه دانه (جدول ۲) و افزایش نیروی لازم برای گسیختگی با اندازه دانه (شکل ۴) این نتیجه مورد انتظار است. اسد زاده (۲۰۱۱)، نشان داد، با افزایش رطوبت پنبه دانه انرژی لازم برای گسیختگی افزایش می‌یابد [۱۷] و همچنین بداغی (۲۰۰۹)، ادعا کرد در بارگذاری فشاری ۲ رقم بادام درختی با افزایش سرعت بارگذاری، انرژی لازم برای گسیختگی کاهش می‌یابد [۱۸]. بنا به نتایج تحقیق قهاری کرمانی (۲۰۱۱)، معلوم شد در بارگذاری فشاری لوبیا چیتی رقم محلی مشکین‌شهر، با افزایش اندازه دانه انرژی لازم برای گسیختگی دانه افزایش می‌یابد [۶].

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش رطوبت چغرمگی، تغییر شکل در نقطه گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی افزایش ولی نیروی لازم برای گسیختگی کاهش می‌یابد. با افزایش اندازه دانه، نیروی لازم برای گسیختگی، تغییر شکل در نقطه گسیختگی، چغرمگی و انرژی لازم برای گسیختگی افزایش می‌یابد و همچنین با افزایش سرعت بارگذاری، نیروی لازم برای گسیختگی، چغرمگی، تغییر شکل در نقطه گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه افزایش رطوبت باعث نرم‌تر شدن بافت دانه و در نتیجه کاهش نیروی لازم برای گسیختگی دانه می‌شود، لذا بهتر است عملیات برداشت و پس از برداشت لوبیا چشم بلبلی در محتوای رطوبتی کمتر انجام شود تا با گسیختگی و افزایش ضایعات دانه مواجه نشویم. همچنین با توجه به اینکه افزایش سرعت بارگذاری باعث کاهش نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی دانه می‌شود، لذا بهتر است عملیات برداشت و پس از برداشت لوبیا چشم بلبلی در سرعت‌های بارگذاری کمتر انجام شود.

۵- سپاسگزاری

از زحمات مدیریت محترم گروه ماشینهای کشاورزی و مسئول محترم آزمایشگاه خواص بیوفیزیک محصولات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی سپاسگزاری می‌شود.

۶- منابع

[1] Bargale, P. C., Irudayaraj, J. 1995. Some mechanical properties and stress relaxation characteristics of lentils, Canadian Agriculture Engineering, 36(4): 247-254.

[2] Afkari Sayyah, A. H. and Minaei, S. 2004. Behavior of wheat kernels under quasi-static loading and its relation to grain hardness. Journal of Agricultural Science and Technology, Vol. 6: 11-19.

[3] Khazaei, J., Rajabipour, A., Mohtasebi, S and Behrozielar, M. 2004. Determination of force and energy required for rupture of chickpea kernel in quasi- static loading. Iranian Journal of Agricultural Science, 35(3): 765-766 (In Persian).

[4] Olaoye, J. 2000. Some physical properties of castor nut relevant to the design of processing equipment. Journal of Agricultural Engineering Research 77(1): 113-118.

[5] Alami, H., Khoshtayhaza, M. H and minaei, S. 2009. Determination of mechanical properties of soybean. Iranian Journal of Food Science and Technology, 6(2): 113-124 (In Persian).

[6] Gahhari Kermani, F. 2011. Determination of some physical and mechanical properties of a common Iranian variety of kidney bean Grains. M. Sc. thesis, Faculty of Agriculture. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil, Iran (in Persian).

[7] Altuntaş, E. and Yildiz, M. 2005. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba been (*Vicia faba L.*) grains. Journal of Food Engineering, 78(2007): 174-183.

[8] Tekin, Y., Isik, E., Unal, H and Okorsoy, R. 2006. Physical and Mechanical properties of Turkish Goynuk Bombay Beans (*Phaseolus Vulgaris L.*). Pakistan Journal of Biological Sciences, 9(12): 2229-2235.

[9] Khazaei, J. 2008. Characteristics of mechanical strength and water absorption in almond and its kernel. Cercetări Agronomic in Moldova, Vol. Xli, No. 1(133).

[10] Anonymous 2010. Agriculture Database of FAO-STAT. Available on the http://FAOSTAT.FAO.ORG.

[11] Kibar, H., Öztürk, T. and Esen, B. 2010. The effect of moisture content on physical and mechanical properties of rice (*Oryza sativa L.*). Spanish Journal of Agricultural Research, 8(3): 741-749.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

[12] Tavakoli, H. Mohtasebi, S. S. Rajabipour, A. and Tavakoli, M. 2009. Effect of moisture content, loading rate, and grain orientation on fracture resistance of barley grain. Research Agricultural Engineering, 55 (3): 85-93.

[13] Sitkei, G. 1986. Mechanics of agricultural materials. Translated by S. Bars. Elsevier Science Publishers, New York. 398p.

[14] Ünal, H., Zencirkiran, M. and Tümsavaş, Z. 2009. Some engineering properties of *Cercis siliquastrum L*. seed as a function of stratification and acid treatment durations. African Journal of Agricultural Research, Vol 4(3): 247-258.

[15] Zaki dizaji, H and Minaei, S. 2007. Determination of mechanical properties of chickpea kernel. Iranian Journal of Food Science and Technology, 4(2): 57-65. (In Persian).

[16] Burubai, W. Akor, A. J. Igoni, A. H. and Puyate. Y. T. 2008. Fracture resistance of african nutmeg (*Monodora myristica*) seeds to compressive loading. American-Eurasian Journal of Scientific Research, 3(1): 15-8.

[17] Asadzade, A. H. 2011. Determination of Some Physical and Mechanical Properties of Cotton Seed. M. Sc. thesis, Faculty of Agriculture. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil, Iran (In Persian).

[18] Bodaghi, V. 2009. Determination of Mechanical Properties of Almond and its Kernel. . M. Sc. thesis, Faculty of Agriculture. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil. Iran (in persian).

[19] Zeinali, H. 2011. Determination of Engineering Properties of Hazelnut and Its Kernel in Iranian common Varieties. M. Sc. thesis, Faculty of Agriculture. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil, Iran (In Persian).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

Some of mechanical properties of black-eyed pea (*Vigna sinensis L*)

Rasekh, M. *

Associate professor, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili.
(Received: 89/10/23 Accepted: 90/9/20)

In this research some mechanical properties of black-eye pea (*Vigna sinensis L*) including deformation at rupture point, required force to rupture, required energy to rupture and toughness were determined in a factorial experiment based on a randomized complete design with three factors including moisture content (7.43, 9, 10.5 and 12 percent in dry basis), loading velocity of 5, 30, 55 and 80 (mm/min) and seed size (small, medium and large). The results showed that grain moisture content had significant effect ($p< 1\%$) on all mechanical properties. With increasing moisture content, required energy for rupturing, toughness and deformation at rupture point increased, while required force for rupturing was decreased. By increasing the loading velocity, the deformation at rupture point, required force to rupture, required energy to rupture and toughness were decreased. By increasing the seed size, the deformation at rupture point, required force to rupture, required energy to rupture and toughness were increased. The triple interaction effect of loading velocity × seed size × moisture content was significant on deformation at rupture point ($p< 1\%$) and required energy to rupture ($p< 0.05$), but was not significant on the required force to rupture.

Keywords: Black-eye pea, Mechanical properties, Toughness, Rupturing

* Corresponding Author E-Mail Address: marasekh@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]