تعیین خواص مکانیکی دانه سویا در بارگذاری شبه استاتیک

هادی عالمی[1 **]، محمد هادی خوش تقاضا[2*]، سعید مینایی[2]

1- دانش آموخته گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

2- دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در این تحقیق،اثر رقم، رطوبت و دمای خشک کردن بر خواص مکانیکی دانه سویا شامل نیرو و انرژی شکست، ضریب الاستیسیته ظاهری و چغرمگی مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش‌ها تحت بارگذاری شبه استاتیک به کمک دستگاه آزمون مواد اندازه‌گیری شد. با انجام آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، اثر پارامترهای خشک کن شامل رطوبت در سه سطح(10، 12 و 14٪ بر مبنای خشک) و دمای خشک کردن در سه سطح(50، 60 و 70 درجه سلسیوس) و سه رقم سویا(هیل، پرشینگ و گرگان3) بر روی خواص مکانیکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو پارامتر رطوبت و دما تاثیر معنی‌داری بر روی نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه داشتند. بطوریکه با افزایش رطوبت از 10٪ به 14٪ مقدار نیرو و انرژی شکست به ترتیب از 47/5 N و 10 mJ به 82 N و 56 mJ افزایش یافت. این رفتار متفاوت دانه سویا نسبت به غلات دیگر، به دلیل وجود چربی زیاد در ساختار بافت آن، قابل توجیه است. همچنین با افزایش دمای خشک کردن از 50°C به 70°C، نیروی شکست دانه نیز افزایش یافت. بررسی اثر فاکتورهای رقم و رطوبت روی چغرمگی و ضریب الاستیسیته ظاهری دانه، نشان داد، که رقم و رطوبت تاثیر معنی‌داری بر روی پارامترهای مذکور دارند. مقدار ضریب الاستیسیته دانه در رطوبت 10٪، 80/95 MPa تعیین شد، که با افزایش رطوبت به 14%، مقدار این پارامتر به 25/56 MPa کاهش یافت.

کلید واژگان: نیرو و انرژی شکست، ضریب الاستیسیته، چغرمگی، رطوبت، دمای خشک کردن

1- مقدمه

شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی همواره مورد توجه و علاقه متخصصین کشاورزی و صنایع غذایی بوده است. این مسأله بویژه در رابطه با ماشین‌های کشاورزی، از لحاظ تاثیری که در بخشهای مختلف ماشین در مراحل برداشت، حمل و نقل،ذخیره سازی و فرآوری بر محصول ایجاد می‌کند، حائز اهمیت است[1]. از آنجائیکه خواص مکانیکی ماده می‌تواند درک بهتر و روشن‌تری از خواص فیزیکی و در نتیجه خصوصیات بافت آن ماده بدست دهد، لذا این مفهوم پایه و اساس بسیاری از روشهای ابزاری در شناسایی خصوصیات بافت مواد بیولوژیک می باشد[2]. مواد بیولوژیکی، مجموعه‌ای بیومکانیکی با ساختمان خیلی پیچیده‌ای را تشکیل می‌دهند که رفتار آنها را با ثابتهای ساده فیزیکی، مانند آنچه در فولادها می باشد، نمی توان مشخص نمود و ساختمان این مواد دربرابر عواملی از قبیل، رطوبت و دما عکس العمل نشان می‌دهد [3]. در مورد تعیین نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه تحقیقات بسیاری صورت گرفته است، از جمله Foutz و همکاران (1993) معتقد بودند که مقاومت مکانیکی دانه به ترکیبات سلولزی دیواره سلول و مواد مرکبی که سلولها را به هم پیوند می‌دهند بستگی دارد [4]. نیروی شکست دانه تحت تأثیر نیروهای استاتیک و شبه استاتیک معیار مناسبی برای طراحی اداوات با کارایی و کیفیت کار بالاتر می‌باشد، که از آن می‌توان به عنوان اصول اولیه

** آدرس فعلی: عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر

* مسئول مکاتبات: khoshtag@modares.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

واساسی در طراحی و تنظیم قسمتهای مختلف ماشینهایی که با دانه در ارتباط می‌باشند، استفاده نمود[5].

سویا یا لوبیای روغنی یکی ازنباتات قدیمی و بومی آسیای شرقی، با نام علمی (Glicin max) ومتعلق به تیره لگومینوز1 می‌باشد. این دانه گیاهی از نظر ترکیبات حاوی 40 درصد پروتئین، 21 درصد چربی، 34 درصد هیدرات کربن و 4/9 درصد خاکستر می‌باشد[6]. اصولاً ساختمان آناتومی تمام دانه‌های غلات مشابه می‌باشد و تنها دربعضی جزئیات با یکدیگر اختلاف دارند. سویا از خانواده بقولات و دارای رقم‌های متفاوتی از نظر اندازه، شکل و رنگ می‌باشد. اخیرا با توجه به کاربردهای مختلف این محصول در صنایع مختلف، بررسی خواص مکانیکی و رئولوژیکی این محصول مورد توجه محققین قرار گرفته است.

در طی آزمایشی، پائولسن(1978)، نشان داد که رطوبت و اندازه دانه اثر معنی داری بر حداکثر نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه‌های سویا دارند. او در تمام آزمایشات انجام شده بر روی دانه سویا سرعت بار گذاری را 6 mm/min در نظر گرفت[7]. طی تحقیقی ضمن تعیین نیرو و انرژی شکست دانه سویا تحت نیروهای شبه استاتیک، تأثیر معنی دار رطوبت بر روی پارامترهای مذکور مورد تأیید قرار گرفت. در این تحقیق با استفاده از تئوری هرتز و روش فشردن نمونه بین دو صفحه موازی، در سرعت بارگذاری 1/2 mm/min مشاهده شد که با افزایش رطوبت از 9% به 20% مقدار ضریب الاستیسیته ظاهری دانه سویا از158 MPa به 42 MPa کاهش یافت[8]. در طی تحقیقی، خواص مکانیکی دانه سویا در سه رقم، در سه سطح رطوبتی (11-13)، (14-16) و (17-19) درصد (برپایه تر) در سه جهت بارگذاری طولی، عرضی و ارتفاع مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج آزمایشات بیشترین مقدار نیرو و انرژی شکست در محدوده رطوبت (14-16) درصد در جهت بارگذاری طولی گزارش گردید [9]. در تحقیقی که به منظور تعیین نیروی شکست دانه نخود، در محدوده رطوبتهای 5/2 % تا 16/5 % انجام گرفت، تأثیر شدید رطوبت بر نیروی شکست دانه به وضوح مشاهده شد. دراین آزمایش تغییرات نیروی شکست دانه‌های نخود بین 90 (رطوبت 16/5%)تا 210(رطوبت 5/2 %) نیوتن گزارش گردید[10]. خزائی در طی پژوهشی بر روی دانه نخود نشان داد که با افزایش رطوبت دانه، نیرو و انرژی شکست دانه بطور معنی داری کاهش می یابد[11].

از آنجاییکه آزمایش بارگذاری شبه استاتیک معمولاً بیانگر ویژگیهای مقاومتی و خواص مکانیکی نمونه مورد آزمایش خواهد بود، لذا اطلاعاتی که ازمنحنی نیرو - تغییرشکل این آزمایش استخراج می‌گردد، نه تنها برای بررسی اثر رطوبت و ارقام مختلف بر روی خواص مکانیکی مفید است، بلکه می‌تواند در طراحی و بهنیه‌سازی ماشینهای فرآوری، همچون ماشینهایی که در فرآیند استخراج روغن از دانه سویا استفاده می‌شود، مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

هدف از این تحقیق بررسی اثر رقم، رطوبت و دمای خشک کردن بر خواص مکانیکی دانه سویا، شامل نیرو و انرژی شکست، ضریب الاستیسیته ظاهری و چغرمگی می باشد.

2- مواد و روشها

2-1 آماده سازی نمونه ها

دانه سویا (Glicin max) از سه رقم رایج هیل، پرشینگ و گرگان3 که بطور گسترده ای در مناطق شمال کشور کشت می گردند، تهیه شد. کلیه دانه‌ها به طور دستی تمیز و بوجاری شده و دانه‌های خارجی، شکسته و چروک‌خورده از آن جدا شده و دانه‌های یک دست و سالم برای انجام آزمایشات باقی ماندند. از آنجاییکه دانه سویا در رطوبت بالا (حدود 20 ٪ بر پایه خشک)برداشت می‌شود، لذا بلافاصله بعد ازعملیات برداشت دانه‌ها را درون کیسه های پلاستیکی مخصوص قرار داده و پس از انتقال به آزمایشگاه، درون یخچال در دمای 4ºC قرار گرفت، تا شرایط رطوبتی دانه حفظ شده و تغییرات چندانی در رطوبت اولیه محصول ایجاد نشود. قبل از انجام آزمایشات، مقدار معینی از نمونه‌ها را برای مدت 72 ساعت در دمای 103 ºC درون آون قرار گرفته و بر اساس روش استاندارد وزنی مقادیر رطوبت اولیه هر

1. Leguminosea

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

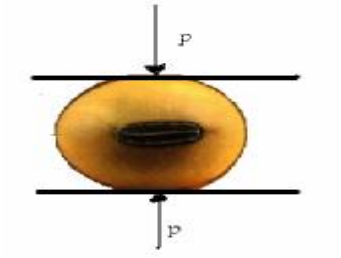
یک از ارقام اندازه گیری شد[12]. رطوبت اولیه ارقام هیل، پرشینگ و گرگان3 به ترتیب ٪18/05 ، ٪19/15 و ٪17/38 بر پایه خشک بدست آمد. در مرحله بعد به کمک دستگاه آنالیز رطوبت2 نمونه های سویا در دماهای مختلف به رطوبت‌های مورد نظر رسانده شد. این دستگاه ساخت شرکت Ohaus آمریکا و مدل MB45 می باشد.

پس ازتنظیمات اولیه دستگاه، مقدار 15 گرم نمونه از هر رقم بطور تصادفی مورد نظر انتخاب کرده وسپس آنها را با سه دمای 50، 60 و 70 درجه سلسیوس خشک کرده تا به سه سطح رطوبت نهایی 10،12 و 14 درصد بر مبنای خشک رسیدند. آنچه که در انتخاب این سطوح دما ورطوبتی اهمیت داشت، نحوه تأثیر این سطوح بر خصوصیات مکانیکی دانه و همچنین دماهای توصیه شده که به منظور خشک کردن سویا در کارخانجات مورد استفاده قرار می گیرد، بود.

2-2 روش آزمایش

برای اندازه‌گیری خواص مکانیکی دانه سویا، از ماشین آزمون مواد Hounsfield ساخت کشور انگلیس با ظرفیت50 kN استفاده شد. دراین تحقیق با انجام آزمون آماری فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اثرات رطوبت دانه در سه سطح (10 ، 12و 14 درصد بر مبنای خشک)، دمای خشک کردن در سه سطح (50، 60 و 70 درجه سلسیوس) و رقم(هیل، پرشینگ و گرگان3) بر نیرو و انرژی شکست، چغرمگی و ضریب الاستیسیته ظاهری دانه سویا تحت اثر نیروهای شبه استاتیک مطالعه و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن انجام گردید. ضمنا تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار آمار MSTATC انجام گرفت.

برای هر آزمایش، دانه به صورت جداگانه در فاصله بین فک‌های ثابت و متحرک دستگاه آزمون قرار می‌گرفت (شکل 1) و نمودار نیرو ـ تغییر شکل دانه به طور پیوسته ترسیم می‌گشت و بارگذاری تا لحظه ای که نیرو به بیشترین مقدار خود در نقطه شکست می‌رسید ادامه می‌یافت (شکل2). در این تحقیق از لودسل 500 N در آزمایشات استفاده شد. همچنین در تمامی آزمایشات طبق استاندارد ASAE، سرعت اعمال نیرو (بارگذاری) به دانه برابر 5 mm/min انتخاب گردید[13] و جهت بارگذاری مطابق شکل (1) از پهلو (خوابیده) اعمال شد. تعداد 10 تکرار در این آزمایشات در نظر گرفته شد.



شکل 1 تصویر اعمال نیرو به دانه سویا

حد شکستگی دانه ، نقطه ای درمنحنی نیرو ـ تغییر شکل است که در آن حتی با کاهش نیرو میزان تغییر شکل افزایش پیدا کرده وجسم شکسته می‌شود. این نقطه، گسیختگی را در ماده بیان می‌کند. در مواد نرم وسخت بعد ازگسیختگی تغییر شکل قابل توجهی دیده می‌شود. بنابراین در آزمایشهای مختلف از روی نمودار نیرو ـ تغییرشکل و با استفاده ازنقطه شکستگی، حداکثر نیروی شکست دانه قرائت شد. انرژی مصرفی برای شکست دانه نیز با محاسبه سطح زیر منحنی نیرو ـ تغییر شکل دانه بدست آمد. برای تعیین سطح زیر منحنی داده‌های حاصل از آزمایش (مربوط به منحنی نیرو ـ تغییر شکل) به نرم افزار اکسل منتقل شده و در آنجا با استفاده از روش ذوزنقه‌ای سطح زیر منحنی بدست آمد. از آنجائیکه سطح زیر منحنی مذکور برابر با انرژی مصرفی می‌باشد، لذا مقدار انرژی لازم برای شکست دانه تخمین زده شد.

چغرمگی[3]عبارت از مقدار کاری است که بر واحد حجم جسم وارد می‌شود تا شکستگی حاصل شود. باتوجه به اینکه سطح زیر منحنی معرف کار انجام شده برای شکست دانه نیز می‌باشد، لذا با توجه به تخمین حجم دانه با توجه به شکل بیضوی دانه سویا، مقدار چغرمگی ظاهری برای دانه سویا محاسبه شد.

طی تحقیقی با بارگذاری تک‌محوری بر روی دانه‌های دست نخورده، مقدار ضریب الاستیسیته ظاهری دانه بر

2. Moisture Analyser

3. Toughness

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

مبنای تئوری هرتز برای سطوح محدب تعیین گردید[14]. بنابراین در این تحقیق با استفاده از ایـن تئـوری و روش فشردن دانه بین دو صفحه موازی، ضریب الاستیسیته دانه در شرایط مختلف محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از پارامترهایی که از منحنـی نیـرو - تغییرشـکل آزمون بارگذاری بدست آمده و رابطه (1) مقدار ضـریب الاستیسیته برای دانه سویا محاسبه شد[13].

$$E = \frac{0.338F(1-m^2)}{D^{3/2}}[2K(\frac{1}{R_{min}}+\frac{1}{R_{max}})^{1/3}]^{3/2} \quad (1)$$

که در رابطه فوق مقدار R_{min} و R_{max} به عنوان شعاعهای کوچک و بزرگ سطح محدب دانه با استفاده از ابعاد دانه محاسبه گردیدند (بر حسب متر). همچنین مقدار K به عنوان یک پارامتر بدون بعد که با توجه به مقدار R_{min} و R_{max} و جدول مربوطه بدست می‌آید[13]. نیروی F برحسب نیوتن مربوط به نقطه از منحنی نیرو - تغییرشکل که دارای عرض $\frac{D_T}{2}$ می‌باشد. در این حالت D_T میزان تغییرشکل دانه در محدوده خطی(ابتدای منحنی) می‌باشد. در نتیجه با استفاده از پارامترهای محاسبه شده مقدار ضریب الاستیسیته (E) دانه سویا در شرایط مختلف از رابطه 1 بر حسب پاسگال محاسبه شد. بر اساس تحقیقات گذشته، مقدار ضریب پواسون(m) برای دانه سویا 0/4 درنظر گرفته شد[15].

3- نتایج و بحث

نتایج اولیه این آزمایش نشان داد که منحنی نیرو- تغییر شکل دانه سویا تحت بارگـذاری شـبه اسـتاتیک هماننـد دیگر مواد بیولوژیک بوده و در اغلب موارد مـی‌تـوان در بخش اولیه و در محدوده قبل از نقطه عطف، محدوده‌ای را بصورت خطی در آن در نظـر گرفـت(شـکل2). سـیر صعودی منحنی بعد از نقطه شکست به علت فشرده شدن مجدد دانه شکسته در بین صفحات فشار دهنده می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس به منظور بررسی اثر رقم، رطوبت و دمای خشک‌کـردن بـر خـواص مکـانیکی در جـدول(1) آورده شده است.

جدول1 نتایج تجزیه واریانس(میانگین مربعات) خواص مکانیکی دانه سویا

* معنی دار در سطح 5%

** معنی دار در سطح 1%

n.s معنی دار نیست

3-1 میزان نیروی شکست دانه

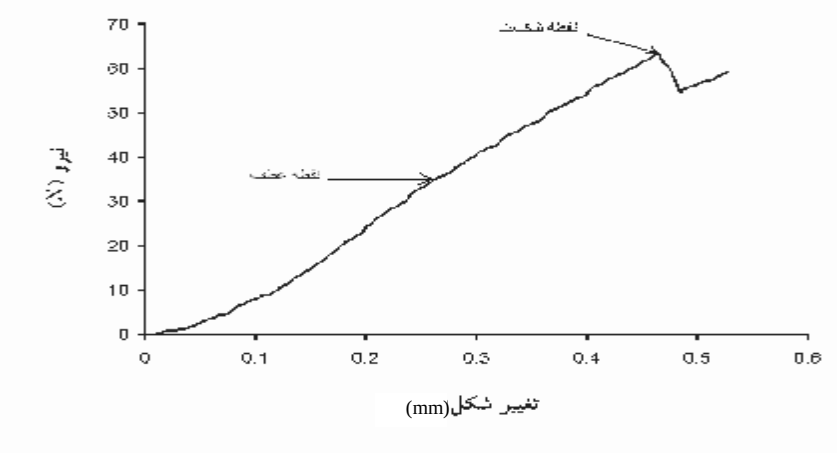
نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات اصلی فاکتورهای رقم، دما و رطوبت بر میزان نیرو نشان داد که فاکتورهای مذکور اثر بسیار معنی داری(در سطح 1%) بر نیروی شکست داشتند و اثر متقابل دما و رقم بر میزان

منبع تغییر	df	نیروی شکست	انرژی شکست	چغرمگی ظاهری
رقم	2	469/2 **	0/002 **	95555 **
دما	2	994/9 **	0/000 n.s	0/000 n.s
رطوبت	2	26856 **	0/5 **	4017436 **
رطوبت × رقم	4	123/84 n.s	0/000 n.s	28515 **
دما × رطوبت	4	94/2 n.s	0/000 n.s	4937 n.s
دما × رقم	4	172/6 *	0/001 n.s	16819 n.s
دما × رطوبت × رقم	8	97/6 n.s	0/000 n.s	9304 n.s

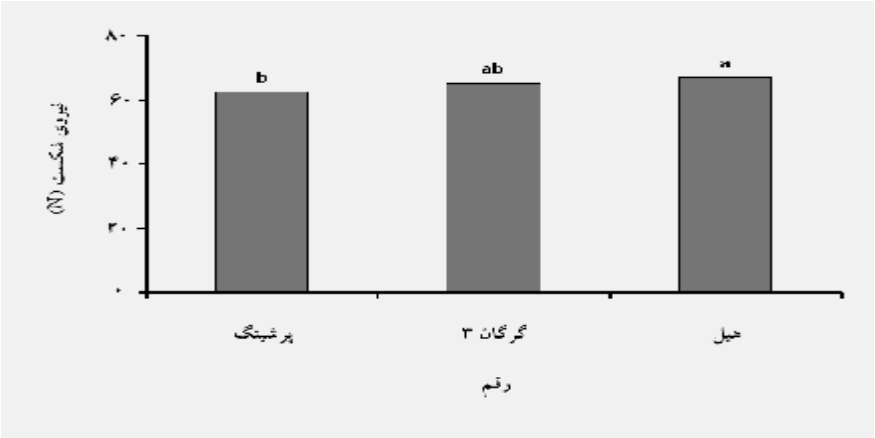
این نیرو نیز معنی‌دار(در سطح 5%) بود(جدول1). اما سایر اثرات متقابل بر میزان نیروی شکست معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین ارقام مختلف نشان داد که رقم هیل با میانگین نیروی شکستN 67/08 بیشترین مقدار را داشته و در کلاس a قرار گرفت. و ارقام پرشینگ و گرگان3 به ترتیب با میانگین نیروی شکست 62/53 و65/15 نیوتن در کلاس‌های حدواسط (ab) و کمترین (b) قرار گرفتند(شکل 3).

یکی از دلایل بیشتر بودن مقدار نیروی شکست در رقم هیل نسبت به ارقام دیگر می تواند چگالی دانه باشد که مقدار این پارامتر در رقم هیل نسبت به ارقام دیگر، بیشتر می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین برای دمای خشک‌کردن نشان داد که در دماهای 60 و 70 درجه سلسیوس، بیشترین میزان نیروی شکست بدست آمده و با میانگین 65/18 و 68/11 نیوتن در کلاس a قرار گرفتند، و دمای

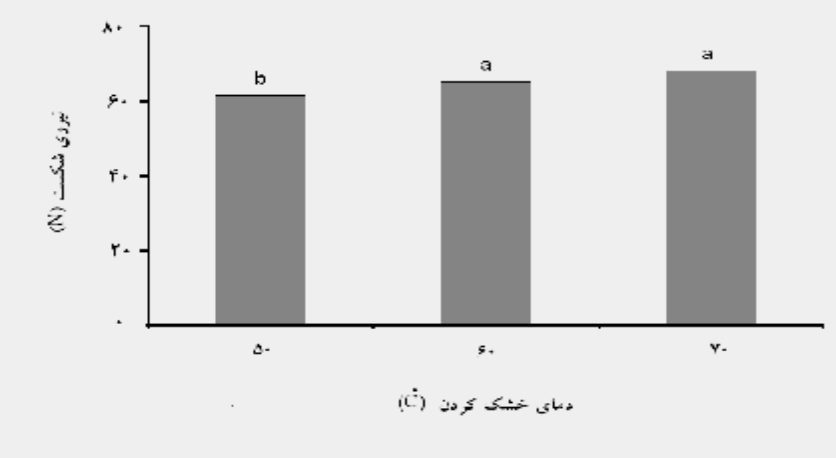
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]



شکل2 نمودار نیرو-تغییرشکل برای دانه سویا (رقم هیل، دمای 60°C، رطوبت 10%)



شکل 3 میزان نیروی شکست دانه سویا در ارقام مختلف

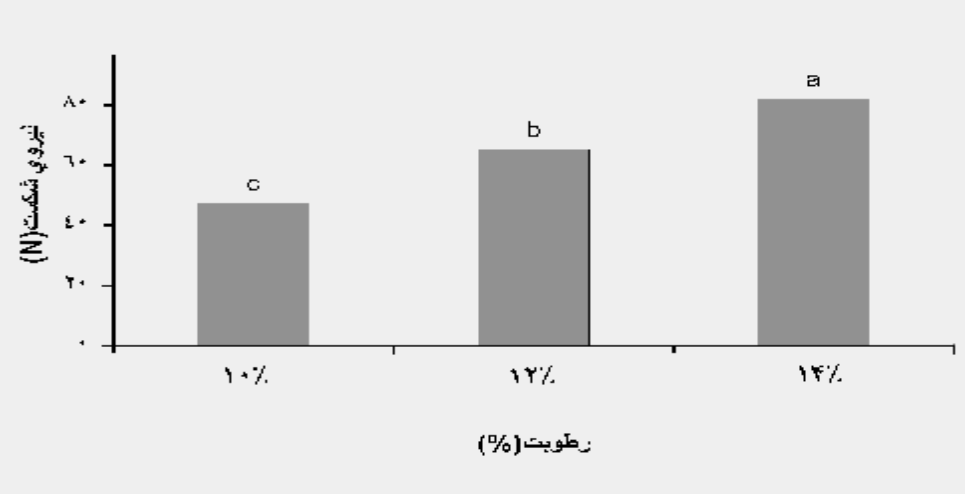


شکل4 تاثیر دمای خشک‌کردن بر نیروی شکست دانه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

50 کمترین تاثیر را بر میزان نیروی شکست دانه داشته (61/48 N) و در کلاس b قرار گرفت(شکل4). احتمالا در محدوده دمای مورد آزمایش، افزایش دما باعث تغییر در خواص فیزیکی در جهت لاستیکی شدن دانه سویا شده که آن را در برابر نیروی فشار مقاوم تر کرده است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در رطوبت14% بیشترین مقدار و در رطوبت 10% کمترین مقدار نیروی شکست مورد نیاز بوده است. بنابراین با توجه به بافت دانه سویا، با افزایش رطوبت دانه از 10% به14% مقدار نیروی شکست برای دانه بطور معنی داری افزایش می‌یابد(شکل5). با توجه به اینکه در اکثر دانه‌های غلات با افزایش رطوبت، نیروی شکست دانه کم می‌شود، لذا می‌توان یکی از دلایل احتمالی این تفاوت را به ساختار بافت دانه سویا نسبت داد. در بافت دانه سویا احتمالا به دلیل وجود مقدار زیاد پروتئین و چربی، با افزایش رطوبت تا 14% به لاستیکی شدن دانه کمک کرده و باعث مقاوم و سخت تر شدن دانه سویا شده است. نتایج تحقیق احمدی(2005) نیز نشان داد که بیشترین نیروی شکست دانه سویا در محدوده رطوبت 14 تا 16 درصد اتفاق افتاده است[9]. بنابراین در مورد دانه سویا می توان اینگونه نتیجه گیری نمود که با افزایش رطوبت تا محدوده 16 درصد، مقدار نیرو و انرژی شکست افزایش می یابد و در رطوبت های بالاتر از این محدوده روند نزولی دارد، که احتمالا در رطوبت های زیاد بدلیل مرطوب شدن دانه سویا و راحت لپه شدن آن رفتاری متفاوت از خود نشان می‌دهد.



شکل5 تاثیر رطوبت بر نیروی شکست دانه

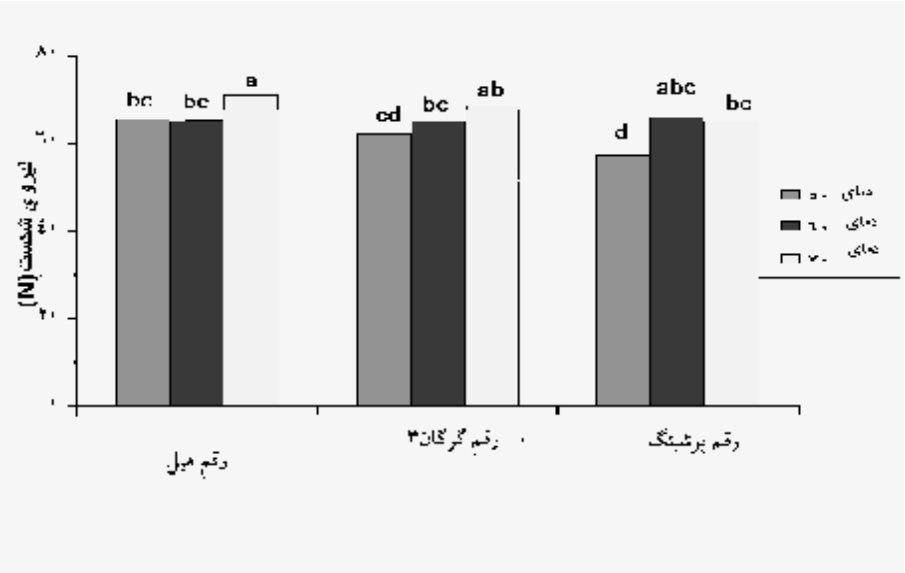
مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و دمای خشک‌کردن نشان داد که رقم هیل در دمای خشک‌کردن 70 ºC بیشترین نیروی لازم برای شکست را داشته و در کلاس a قرار گرفت و رقم پرشینگ در دمای 50 °C کمترین نیروی شکست را داشته (57/09 N) و در کلاس d قرار گرفت(شکل6). با توجه به ارتباط خواص مکانیکی با رطوبت و دما، مدل‌های رگرسیونی رابطه بین دو فاکتور مذکور با نیروی شکست دانه بدست آمد(جدول2). از این مدل‌ها می‌توان برای تخمین محاسبات و طراحی اولیه سیستم‌های فرآوری سویا بکار برد، که برای حداقل کردن تلفات یا افزایش بازدهی ماشین مفید خواهد بود.

جدول2 مدلهای رگرسیونی رابطه بین رطوبت و دمای خشک کردن با نیروی شکست دانه

رقم	R^2	نیروی شکست
هیل	0/93	F=0.274T+8.68M-53.55
پرشینگ	0/96	F=0.383T+8.59M-63.59
گرگان3	0/99	F=0.336T+8.64M-58.71

F نیروی شکست (N) ، M درصد رطوبت(.%w.b)، T دما (°C)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]



شکل 6 تاثیر متقابل رقم و دمای خشک‌کردن بر نیروی شکست دانه

2-3 میزان انرژی برای شکست دانه

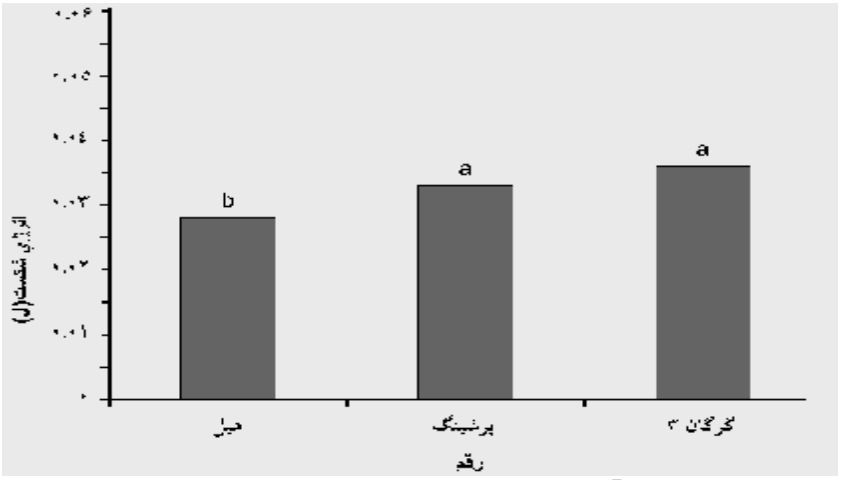
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فاکتورهای رقم و رطوبت تاثیر معنی‌داری(در سطح 1%) بر میزان انرژی داشتند، در حالیکه فاکتور دمای خشک‌کردن اثر معنی‌داری بر این پارامتر نداشت(جدول1). همچنین اثر متقابل کلیه فاکتورها بر میزان انرژی معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج آزمون LSD مشخص شد که رقم گرگان3 و پرشینگ بیشترین میزان انرژی لازم برای شکست دانه را داشته و در کلاس a قرار گرفتند. و رقم هیل نسبت به دو رقم دیگر انرژی کمتری برای شکست دانه نیاز داشت، و در کلاس b قرار گرفت (شکل7). با توجه به اینکه مقدار انرژی با محاسبه سطح زیر منحنی نیرو-تغییر شکل تا نقطه شکست می باشد، لذا هرچند نیروی شکست دانه رقم هیل بیشتر از بقیه ارقام بود، ولی بدلیل تغییر شکل کمتر تا نقطه شکست (شکل 2)، مقدار انرژی شکست در این رقم نسبت به ارقام دیگر کمتر بدست آمد. بررسی مقایسه میانگین‌های انرژی شکست برای رطوبت نشان داد که در رطوبت 14% بیشترین میزان انرژی مورد نیاز بوده و در کلاس a قرار گرفت و رطوبت 12% و 10% به ترتیب در کلاس‌های b و c قرار گرفتند(شکل8).

3-3 میزان چغرمگی ظاهری دانه

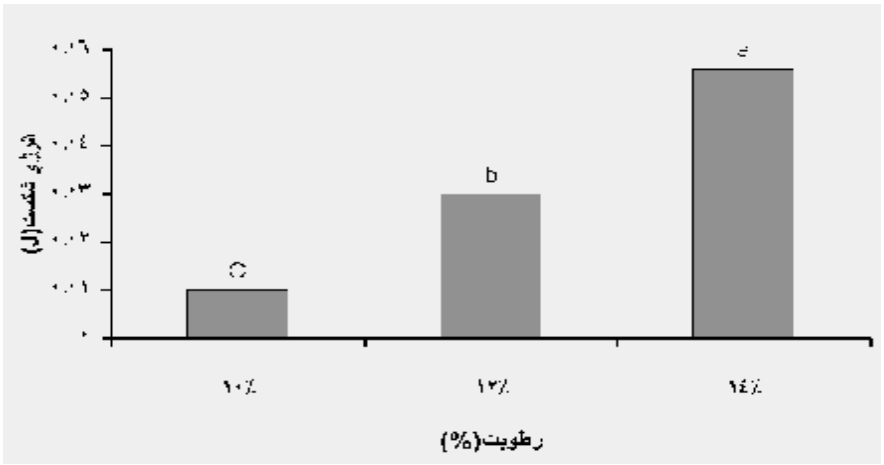
نتایج تجزیهٔ آماری مربوط به اثر فاکتورهای رقم، دمای خشک‌کردن و رطوبت دانه بر میزان چغرمگی نشان داد که فاکتورهای رقم و رطوبت تاثیر معنی‌داری بر میزان چغرمگی داشتند، در حالیکه فاکتور دمای خشک‌کردن اثر معنی‌داری روی این پارامتر نداشت(جدول 2). بررسی اثرات متقابل فاکتورهای فوق نیز حاکی است که فاکتور رقم به همراه رطوبت اثر بسیار معنی‌داری بر میزان چغرمگی داشته و اثر متقابل دیگر فاکتورها معنی دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها برای اثر رقم بر چغرمگی نشان داد که ارقام گرگان3 و پرشینگ بیشترین میزان چغرمگی را داشته و در کلاس a قرار گرفتند و رقم هیل میزان چغرمگی کمترین نسبت به دو رقم دیگر داشته و در کلاس b قرار گرفت(شکل9).

نتایج مقایسه میانگین‌ها برای اثر رطوبت بر چغرمگی دانه نشان داد که دانه سویا در رطوبت 14% بیشترین میزان چغرمگی را داشته و در کلاس a قرار گرفت.در رطوبت‌های 12% و 10% میزان چغرمگی دانه کمتر بوده و به ترتیب در کلاس‌های b و c قرار گرفتند(شکل 10). با توجه به اینکه مقدار چغرمگی دانه رابطه مستقیم با سطح زیر منحنی داشته، و در رطوبت‌های بالا (به دلیل تغییر شکل بیشتر تا نقطه شکست دانه)، سطح زیر منحنی مذکور بیشتر می باشد، لذا مقدار چغرمگی دانه نیز بیشتر است.

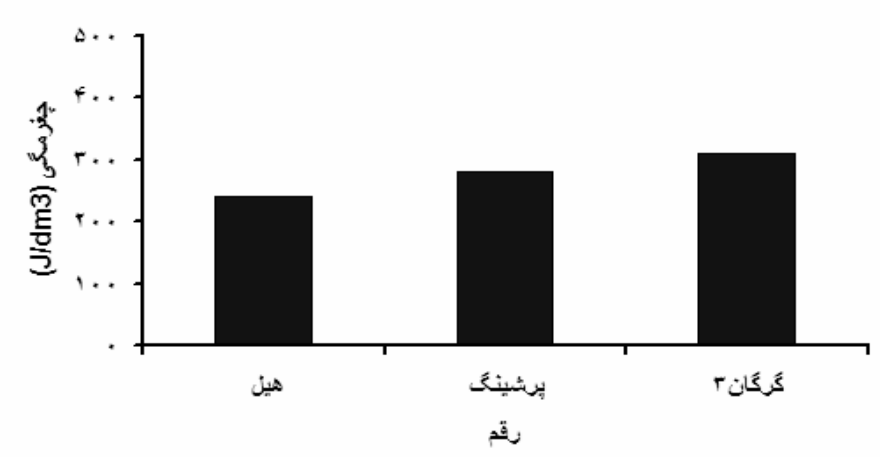
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]



شکل7 میزان انرژی شکست دانه سویا در ارقام مختلف

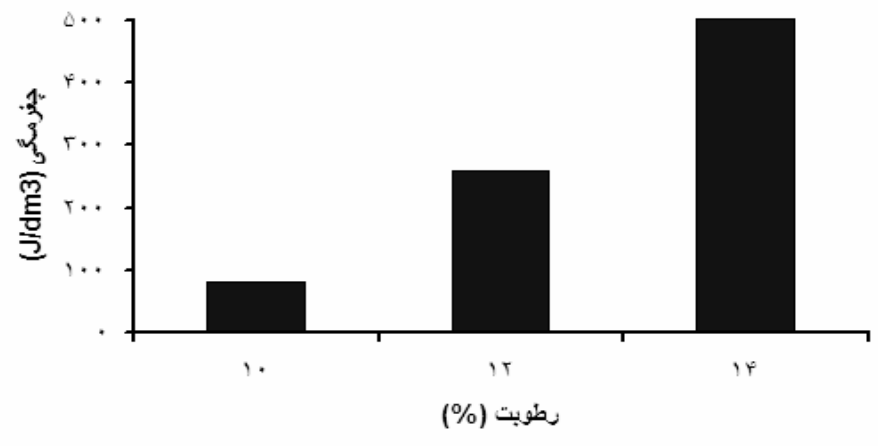


شکل8 تاثیر رطوبت بر میزان انرژی شکست دانه سویا



شکل9 مقدار چغرمگی ظاهری دانه سویا در ارقام مختلف

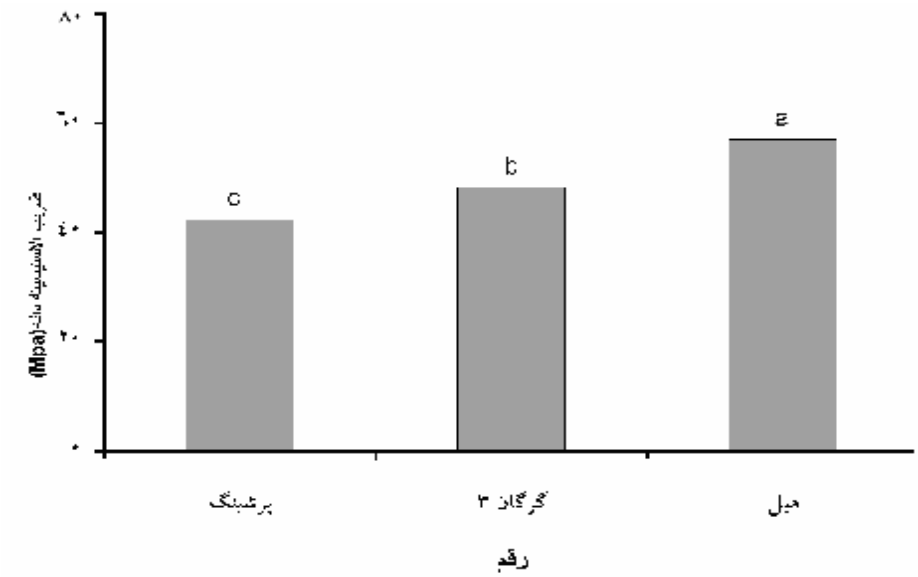
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]



شکل10 اثر رطوبت بر میزان چغرمگی دانه سویا

4-3 ضریب الاستیسیته ظاهری دانه

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات رقم و رطوبت و اثرات متقابل رطوبت و رقم بر روی ضریب الاستیسیته تنهایی اثر بسیار معنی‌داری روی میزان پارامتر مذکور داشته و اثر متقابل این دو فاکتور نیز معنی‌دار بود(جدول3). نتایج آزمون دانکن برای میانگین‌ها نشان داد که رقم هیل بیشترین میزان ضریب الاستیسیته ظاهری را داشته (57/03 MPa) و در کلاس a قرار گرفت، و ارقام گرگان3 و پرشینگ به ترتیب با میانگین‌های ظاهری دانه سویا نشان داد که هرکدام از فاکتورها به ضریب الاستیسیته 48/32 و 42/24 مگاپاسکال در کلاسهای b و c قرار گرفتند(شکل11).



شکل11 ضریب الاستیسیته ظاهری دانه سویا در ارقام مختلف

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

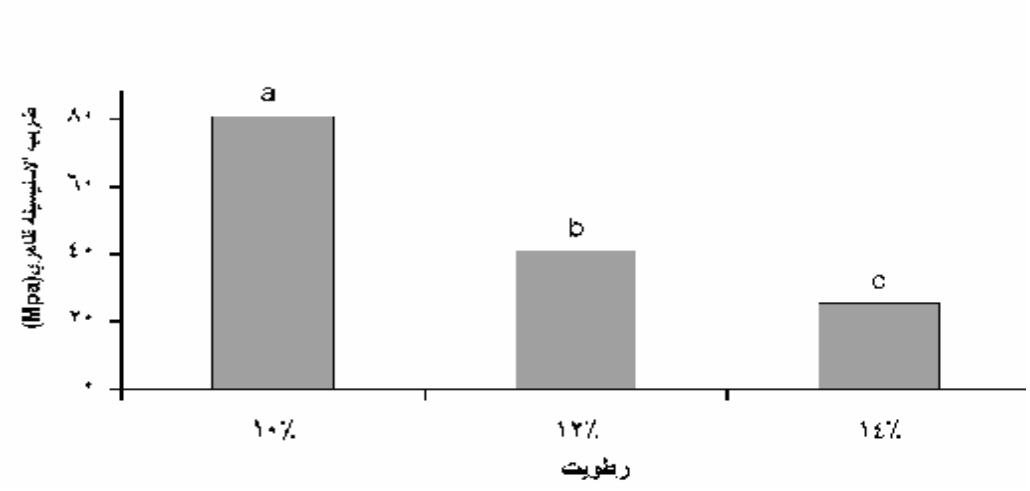
جدول3 نتایج تجزیه واریانس ضریب الاستیسیته ظاهری

متغیر	df	SS	MS	F
رقم	2	3318	1659	16/5**
رطوبت	2	48994	24497	243/8**
رقم × رطوبت	4	1052	263	2/6 *

نتایج مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که ضریب الاستیسیته در رطوبت 10% دارای بیشترین مقدار بوده (80/95 MPa) و در کلاس a قرار گرفت. رطوبت 12% با میانگین ضریب الاستیسیته 41/07 مگاپاسکال در کلاس b قرار گرفت، و همچنین در رطوبت 14% کمترین ضریب الاستیسیته و در کلاس c قرار گرفت(شکل12).

* معنی دار در سطح 5%

** معنی دار در سطح 1%



شکل12 اثر رطوبت بر ضریب الاستیسیته ظاهری دانه سویا

از آنجائیکه شیب منحنی نیرو- تغییر شکل تاثیر زیادی بر پارامتر ضریب الاستیسیته دارد، لذا با توجه به اینکه در رطوبت‌های بالا شیب منحنی(نسبت تغییرات نیرو به تغییر شکل) کمتر از رطوبت‌های پائین می‌باشد، مقدار ضریب الاستیسیته دانه، با افزایش رطوبت کاهش می یابد. در مقایسه نتایج بدست آمده برای این پارامتر با تحقیقات انجام شده در این زمینه، مشاهده شد که تا حدودی با نتایج پائولسن بر روی دانه سویا (در رطوبتهای مشابه) یکسان می باشد، که در تحقیق وی با افزایش رطوبت از 9% به 20% مقدار ضریب الاستیسیته ظاهری دانه از MPa 158 به MPa 42 کاهش یافت[7].

4- نتیجه‌گیری

- رطوبت دانه تاثیر بسیار معنی داری (سطح احتمال 1%) بر روی نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه داشت، بطوریکه با افزایش رطوبت دانه از 10٪ به 14٪ مقدار نیرو و انرژی شکست دانه افزایش یافت.

- در دمای70ºC بیشترین نیروی شکست دانه به مقدار 68/11 N بدست آمد، که احتمالا به علت چروکیدگی بیشتر دانه در این دما بوده است.

- فاکتورهای رقم و رطوبت تاثیر معنی‌داری (سطح احتمال 1%) بر روی چغرمگی دانه سویا داشتند، به طوریکه میانگین چغرمگی دانه در ارقام گرگان3، پرشینگ و هیل به ترتیب 311، 282 و 246 ژول بر دسی‌متر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

مکعب بدست آمد. همچنین بیشترین مقدار این پارامتر در رطوبت 14٪ به میزان 501/6 J/dm^3 مشاهده گردید.

- بر اساس نتایج تجزیه واریانس مربوط به ضریب الاستیسیته ظاهری دانه سویا مشخص شد، که رقم و رطوبت دانه تاثیر بسیار معنی‌داری (سطح احتمال 1%) بر روی مقدار این پارامتر دارند. و با افزایش رطوبت مقدار این پارامتر کاهش می‌یابد.

5- منابع

[1]Por Azarang, H. (2002). Unit Operation in Agricultural Material Processing. 1st edn. Ferdowsi University of Mashhad Publication ,Mashhad, Iran.

[2] Lewis, R. S. (1989). Physical Properties of Food and Food Processing Systems. 1st edn. Chichester. Ellis Horwood, UK.

[3] Sitkei, G. (1986). Mechanics of Agricultural Materials. 1st edn. Elsevier Science Pub. Co., New York.

[4] Foutz, T. L., Thompson, S. A. and Evans, M. D. (1993). Comparison loading response of packed grain and individual kernels. Transactions of the ASAE. 36(2):569-576.

[5]Bargale, P.C. and Irudayaraj, J. (1995). Mechanical strength and rheological behavior of barley kernels. Journal of Food Science and Technology. 30:609-623.

[6] Saadat Lajvardi, N (1980). Oil Seeds. Tehran University Publication, Tehran, Iran.

[7]Paulsen, M. R. (1978). Fracture resistance of soybeans to compressive loading. Transactions of the ASAE. 21(6):1210-1216.

[8]Liu, M., Haghighi, K., Stroshine, R. L. and Ting, E. C. (1990). Mechanical properties of the soybean cotyledon and failure strength of soybean kernels. American Society of Agricultural Engineering. 33(2):559-566.

[9]Ahmadi Chenarbon, H., Hasheminia, S. M. (2005). The study of mechanical properties of soybean kernel under compressive loading. 9th International Conference on Agrophysics, Loblin, Poland.

[10] onak, M., Karman, K. and Aydin, C. (2002). Physical properties of chick pea seeds. Biosystems Engineering. 82(1):73-78.

[11] Khazaee, J. (2003). Force Requirement for Pulling off Chick Pea Pods as Well as Fracture Resistance of Chick Pea Pods and Grains. PhD Thesis, University of Tehran, Iran.

[12]ASAE. (2001). ASAE Standard S352.2: Moisture measurement-unground grain and seeds. In: ASAE Standards 2001, ASAE, St. Joseph, MI.

[13]ASAE. (2001). ASAE Standard S368.4: Compression test of food materials of convex shape. In: ASAE Standards 2001, ASAE, St. Joseph, MI.

[14]Arnold, P. C. and Robert, A. W. (1969). Fundamental aspects of load-deformation behavior of wheat grains. Transactions of the ASAE. 18(1):104-108.

[15]Misra, R. N. and Yong, J. H. (1981). A mode for predicting the effect of moisture content on the modulus of elasticity of soybean. Transactions of the ASAE. 34(5):2135-2138

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

Mechanical properties determination of Soybean seed by quasi-static loading

Alemi, H.[1], Khoshtaghaza, M. H. [2*], Minaee, S. [2]

1- M.Sc. Graduate, Agricultural Engineering Dept. of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Agricultural Engineering Dept. of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Effect of variety, moisture and drying temperature on mechanical properties of soybean (failure force and energy, apparent modulus of elasticity and toughness) were studied. These properties were measured through quasi-static loading experiment by material testing machine. Factorial test with Randomized Block design was used to study the effect of drying parameters including final moisture content (3 levels: 10, 12 and 14% d.b.) and temperature (at 3 levels: 50, 60 and 70 ˚C) and varieties (Hill, Pershing and Gorgan3) on mechanical properties of soybean. The results showed that both drying factors (final moisture content and temperature) had significant effect on the force and energy failure. So that by increasing final moisture content from 10% to 14%, the failure force and energy increased from 47.5 N and 10 mJ to 82 N and 56 mJ, respectively. This different behavior of soybean in relation to other grains is due to a high amount of fat in soybean structure. Also by increasing drying temperature from 50˚C to 70˚C, the seed failure force was increased. Investigation of the effects of variety and moisture factors on toughness and apparent elasticity modulus showed that variety and moisture content had significant effect on three factors. Soybean elasticity modulus was 80.95 MPa at 10% moisture content, which by increasing moisture content to 14%, it decreased to 25.56 MPa.

Key words: Failure force and energy, Modulus of elasticity, Toughness, Moisture, Drying temperature,

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

* Corresponding author E-mail: khoshtag@modares.ac.ir