بررسی رفتار مکانیکی دانه و مغز آفتابگردان تحت بارگذاری شبه استاتیکی

رسول خدابخشیان[۱]، باقر عمادی[۲]، محمد حسین عباسپور فرد[۲]، محمد حسین سعیدی راد[۳]

۱- کارشناس ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی و مهندس طراح شرکت طوس فدک

۲- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

ra_kh544@stu-mail.um.ac.ir

چکیده

خواص مکانیکی تخمه آفتابگردان همانند سایر دانه ها جهت طراحی تجهیزات حمل و نقل و جابجایی، پوست کنی، خشک کردن، روغن کشی و انبارداری ضروری است. در این تحقیق خواص مکانیکی دانه و مغز آفتابگردان رقم شاهرودی برای محتوای رطوبتی بین ۳٪ تا ۱٤٪ در سه دسته بزرگ، متوسط و کوچک در دو جهت بارگذاری افقی و عمودی بصورت شبه استاتیک بررسی شد. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت از ۳٪ تا ۱٤٪، نیروی شکست دانه و مغز در هر دو جهت بار گذاری افقی و عمودی کاهش یافت درحالیکه تغییر شکل و انرژی لازم برای شکست دانه و مغز افزایش یافت. نیرو و انرژی شکست دانه در بارگذاری در جهت عمودی بیشتر از آن در بارگذاری از روبرو بود. ولی در بررسی نیروی شکست مغز آفتابگردان این روند برعکس بود. تأثیر اندازه دانه و مغز بر هر دو صفت نیرو و انرژی شکست افزاینده بود. محدوده تغییرات میانگین نیروی شکست دانه و مغز به ترتیب ۹٤/۷۲-٤۷/۱ و ۳۵/٤٦-۱۲/۰۸ نیوتن بدست آمد. همچنین میانگین تغییر شکل دانه و مغز واریته مورد بحث به ترتیب ۱/۳۱-۰/۵۷ و ۲/۸٦-۱/۹۵ میلیمتر بدست آمد. انرژی شکست دانه و مغز نیز به ترتیب از ۱۱۷/۳۲ به ۳٦/۰٤ و از ۷/۵٦ به ۲/۲۸ میلی ژول متغیر بود.

واژگان کلیدی: خواص مکانیکی، دانه، مغز، آفتابگردان، رطوبت، اندازه.

مقدمه

دانه ی روغنی آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) از خانواده *Astraceae* است که سطح زیر کشت آن در ایران ۱۰۰ هزار هکتار با عملکرد یک تن در هکتار می باشد (مرکز توسعه و کشت دانه های روغنی سازمان جهاد کشاورزی، ۱۳۸٤). مغز و دانه آفتابگردان بسیار مقوی است و به طور معمول با توجه به نوع رقم و منطقه جغرافیایی کاشت دانه، بطور متوسط دارای ۲٤ درصد مواد پروتئینی، ٤۷ درصد روغن، ۲۰ درصد مواد هیدروکربنی، ۸ درصد فسفر و

۹ درصد پتاسیم می باشد. آفتابگردان دارای ۷۰ گونه می باشد، نمونه آفتابگردان در ایران مخلوطی از واریته های مختلف بوده و غالباً از ارقام محلی می باشد. طبق آخرین آمار بدست آمده، ۳۰ الی ۳۵ واریته مختلف در مناطقی از خراسان، گرگان، همدان، اصفهان، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، فارس، سمنان و مرکزی کشت می شود که از این ارقام حدود ۹۰ درصد به منظور تولید روغن و تنها ۱۰ درصد از آن ها برای مصرف آجیلی تولید می شود (رادفر، ۱۳۸٦). بر اساس آخرین اطلاعات سرویس تحقیقاتی گروه کشاورزی ایالات متحده در سال ۲۰۰٦-۲۰۰۵ میزان مصرف دانه آفتابگردان از ۷/۵۲ به ۹/۸٤ میلیون تن افزایش یافته است و میزان مصرف جهانی روغن آن نیز از ۱۳/۲۳ به ۱٦/٦۷ میلیون تن افزایش داشته است (میر نظامی، ۱۳۸۰).

در ایران، روغن گیری از تخمه آفتابگردان به صورت مکانیکی انجام می گیرد. یکی از مشکلات عمده روغن کشی این محصول در ایران، عدم وجود تجهیزات مناسب مغز گیری بوده که موجب ورود دانه مغز نشده به سیستم روغن گیری می شود، این موضوع سایش قطعات سیستم روغن کشی، کاهش بازده روغن کشی، بالا رفتن میزان انرژی مصرفی و کاهش ارزش غذایی روغن را موجب شده است. بنابراین شناخت ویژگی های مختلف فیزیکی، مکانیکی و آیرودینامیکی دانه و مغز آفتابگردان و نحوه حفظ و یا تغییر آنها در جهت اهداف مورد نظر فرآوری می تواند در حفظ کمی و کیفی محصول نهایی تأثیر بسزایی داشته باشد.

واکنش مواد در مقابل پدیده های خارجی (به ویژه نیروهای وارده) در شرایط و موقعیت های مختلف، خواص مکانیکی مواد نامیده می شود. نیروهای اعمال شده به صورت فشاری، کششی، خمشی، پیچشی، بارگذاری های استاتیکی، دینامیکی و متناوب، رفتار مواد در سیالات و عکس العمل مواد در تماس با سطوح مختلف از جمله این پدیده ها هستند. شرایط و موقعیت های مختلف می تواند شرایط زمانی مانند رفتار یک محصول در مراحل مختلف تولید (کاشت، داشت یا برداشت و فرآوری) بوده یا شرایط محیطی مانند رطوبت، حرارت، فشار هوا و یا شرایط مکانی، مانند رفتار یک محصول در پروسه های مختلف برداشت، فرآوری، بسته بندی و یا حمل و نقل باشد. هر کدام از این خواص از یک طرف معرف صفات یک محصول بوده و از طرف دیگر محدودیت هایی را برای ماشین های مختلف در روند تولید و فرآوری، بوجود می آورد (محسنین، ۱۹۸٦).

استاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا روش تعیین خواص مکانیکی دانه ها را مشخص کرده است (ASAE,۱۹۹۸). این استاندارد فشردن دانه در بین دو صفحه موازی را تحت اثر نیروهای شبه استاتیک را برای این منظور پیشنهاد کرده است. بر این اساس تحقیقات زیادی در زمینه تعیین نیرو، تغییر شکل و انرژی لازم برای شکست مواد دانه ای تحت اثر نیروهای استاتیک و شبه استاتیک صورت گرفته است (زورب و هال، ۱۹٦۰ برای گندم و ذرت ؛ گونچاراوا، ۱۹٦۲ برای جو و یولاف؛ بیلانسکی، ۱۹٦٦ برای ذرت؛ ماکانجولا، ۱۹۷۲ برای تخمه هندوانه؛ پائولسن، ۱۹۷۸ برای سویا؛ لیو و همکاران، ۱۹۹۰ برای دانه سویا؛ جوشی، ۱۹۹۳ برای تخمه کدو؛ سینگ و گوسوامی، ۱۹۹۸ برای زیره؛ گاپتا و همکاران، ۲۰۰۰ برای تخمه آفتابگردان؛ کو ناک و همکاران، ۲۰۰۲ برای دانه نخود؛ آزیک و یونال، ۲۰۰۷ برای لوبیا، سعیدی راد و همکاران، ۲۰۰۸ برای زیره).

گاپتا و همکاران (۲۰۰۰) نیروی شکست دانه و مغز آفتابگردان را در محدوده رطوبت های ٤٪ تا ۲۰٪ را تعیین کردند. آنها تأثیر شدید رطوبت بر نیروی شکست، تغییر شکل و انرژی شکست دانه و مغز را نتیجه گرفتند. تحقیقات انجام شده بر روی دانه سایر محصولات کشاورزی نیز تأثیر معنی دار رطوبت بر نیرو و انرژی لازم برای

شکست دانه ها را گزارش کرده اند (پائولسن، ۱۹۷۸ برای سویا؛ لیو و همکاران، ۱۹۹۰ برای دانه سویا؛ جوشی، ۱۹۹۳ برای تخمه کدو؛ سعیدی راد و همکاران، ۲۰۰۸ برای زیره). گزارش کارهای پائولسن (۱۹۷۸) نشان می دهد که رطوبت، اندازه دانه و جهت بارگذاری اثرات معنی داری بر حداکثر نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه های سویا داشته اند. لیو و همکاران (۱۹۹۰) نیز ضمن تعیین نیرو و انرژی شکست دانه سویا تحت اثر نیروهای شبه استاتیک (در سرعت ۱.۲ میلیمتر بر دقیقه)، تأثیر معنی دار رطوبت و جهت بارگذاری را نتیجه گرفتند. بیلانسکی (۱۹٦٦)، اثرات رطوبت دانه و جهت بارگذاری بر نیروی شکست استاتیک دانه ذرت را معنی دار گزارش کرد.

با وجود مطالعات فراوانی که در زمینه خواص مکانیکی محصولات کشاورزی انجام گردیده است، بررسی منابع نشان داد که اطلاعات کمی در خصوص خواص مکانیکی دانه و مغز آفتابگردان موجود است. ضمناً هیچ تحقیقی در زمینه مطالعه تاثیر اندازه بر خواص مکانیکی دانه و مغز آفتابگردان یافت نشد. از این رو در راستای مکانیزاسیون عملیات فرآوری دانه و مغز آفتابگردان ضرورت تعیین این خواص تحت تأثیر رطوبت، ادازه و جهت بارگذاری احساس می شود که در این تحقیق به آنها پرداخته می شود.

مواد و روشها

- تهیه و آماده سازی نمونه ها

به منظور انجام آزمایش در این تحقیق، سه نمونه ۲ کیلو گرمی تخمه آفتابگردان رقم شاهرودی از مزرعه ای در استان خراسان رضوی تهیه و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی واقع در این استان منتقل شد. در ابتدا بذرهای شکسته، نابالغ و مواد زائد به صورت دستی از بذرهای سالم جدا شده و برای تهیه مغز سالم، دانه ها بصورت دستی پوست کنده شدند. به منظور تعیین محتوای رطوبت داخلی بذرها از استاندارد آون هوای داغ به مدت ۲٤ ساعت با دمای۱±۱۰۵درجه استفاده گردید (استانداردISI، ۱۹٦٦) و این مقدار بر مبنای خشک ۷٪ بدست آمد. برای بررسی رابطه بین ابعاد و تأثیر آن بر روی خواص مکانیکی مورد نظر، با استفاده از سه الک ASTM (الک های استاندارد) با مش های دایره ای ۵.۵، ٦ و ۷ میلیمتر بذرها به سه دسته بزرگ، متوسط و کوچک تقسیم بندی گردید (شکل۱). آزمایشات در محدوده رطوبت بین ۳٪ تا ۱٤٪ (بر مبنای خشک) که محدوده معمول برای عملیات برداشت، حمل و نقل و اغلب عملیات فرآوری می باشد انجام گردید. نمونه های آماده شده برای آزمایش در کیسه های پلی اتیلن دو جداره کم چگالی با ضخامت ۹۰ میکرومتر در دمای ۵-۳ درجه یخچال نگهداری شدند. برای هر آزمایش، مقدار نمونه مورد نیاز را از یخچال بیرون آورده و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق قرار داده تا با محیط هم دما شوند(جوشی و همکاران، ۱۹۹۳).

شکل۱- تقسیم بندی دانه ها به سه دسته بزرگ، متوسط و کوچک.

به منظور تعیین مقدار آب مورد نیاز برای رسیدن دانه ها به رطوبت ۱٤٪، از رابطه ذیل استفاده شد(مارتی و هاتاچاریا، ۱۹۹۸):

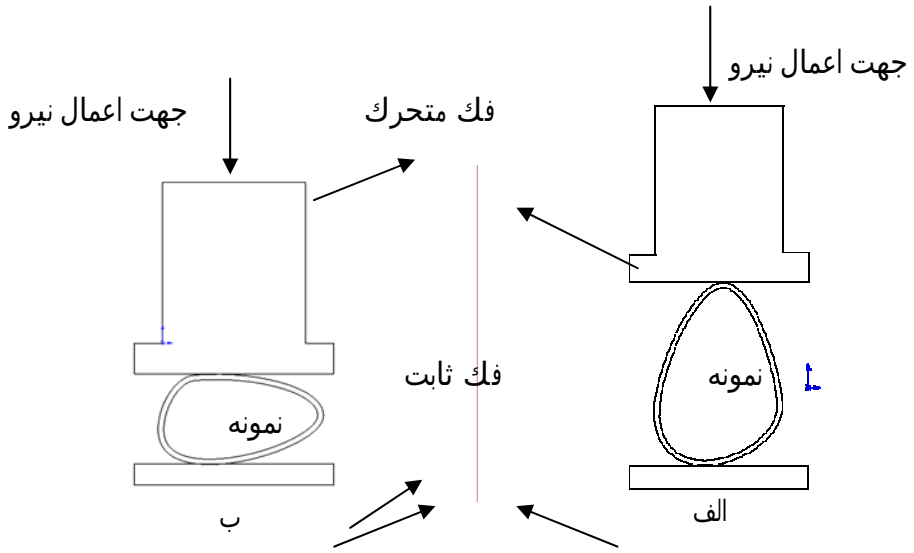
$$Q = \frac{W_i(M_f - M_i)}{100 - M_f} \qquad (۱)$$

پس از تعیین مقدار آب لازم برای رسیدن به رطوبت مورد نظر، مقدار ۵۰ گرم از هر دسته انتخاب و میزان آب تعیین شده به آنها اضافه گردید. برای توزیع یکنواخت آب، نمونه ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۵-۳ درجه یخچال نگهداری شدند. آماده سازی نمونه ها برای رطوبت ۳٪ بوسیله قرار دادن نمونه ها در آون به مدت ۲ ساعت با دمای ۷۵ درجه انجام شد (اریکا و همکاران، ۲۰۰٤).

- تعیین خواص مکانیکی

در این تحقیق اثرات رطوبت نمونه (دانه یا مغز) در سه سطح (۳٪، ۷٪ و ۱٤٪ بر مبنای خشک)، اندازه نمونه در سه سطح (بزرگ، متوسط و کوچک) و جهت بارگذاری در دو سطح (افقی و عمودی) بر نیرو، تغییر شکل و انرژی لازم برای شکستن دانه و مغز تخمه آفتابگردان تحت تأثیر نیرو های شبه استاتیکی مطالعه شد. در کلیه آزمایش ها، سرعت اعمال نیرو ثابت و مساوی ۲ میلیمتر بر دقیقه بود. تعداد تکرار در این نوع آزمایش ها ۱۰ مرتبه بود. مطابق شکل ۲ اعمال نیرو در دو جهت افقی و عمودی انجام گرفت. برای انجام آزمایش ها از دستگاه تست کشش – فشار اینسترون[۱] مدل QTS 25 مجهز شده به لودسل ۲۵ کیلوگرم و دقت ۰.۰۰۱ ± نیوتن در نیرو و ±۰.۰۰۱ میلیمتر در تغییر شکل استفاده شد (شکل۳). برای هر آزمایش هر نمونه دانه و مغز بصورت جداگانه در فاصله بین فک های ثابت و متحرک دستگاه آزمون قرار می گرفت و با حرکت فک متحرک فشرده می شد. هم زمان توسط نیرو سنج دستگاه، نیرو تا لحظه شکست اندازه گیری و نمودار نیرو – تغییر شکل نمونه بطور پیوسته ترسیم می شد (شکل٤). بارگذاری تا لحظه ای که نیرو به بیشترین مقدار خود می رسید ادامه می یافت. از این نمودار حداکثر نیروی شکست نمونه خوانده شد. انرژی مصرفی شکست نمونه نیز با محاسبه سطح زیر منحنی نیرو- تغییر شکل بدست آمد.

[۱] Instron Universal Testing Machine



شکل ۲- نحوه و جهت های اعمال نیرو به نمونه: الف- عمودی، ب- افقی

شکل۳- دستگاه تست کشش – فشار اینسترون مورد استفاده در آزمایش

شکل ٤- نمونه نمودار نیرو – تغییر شکل بدست آمده برای تعیین نیروی شکست

- آنالیز آماری

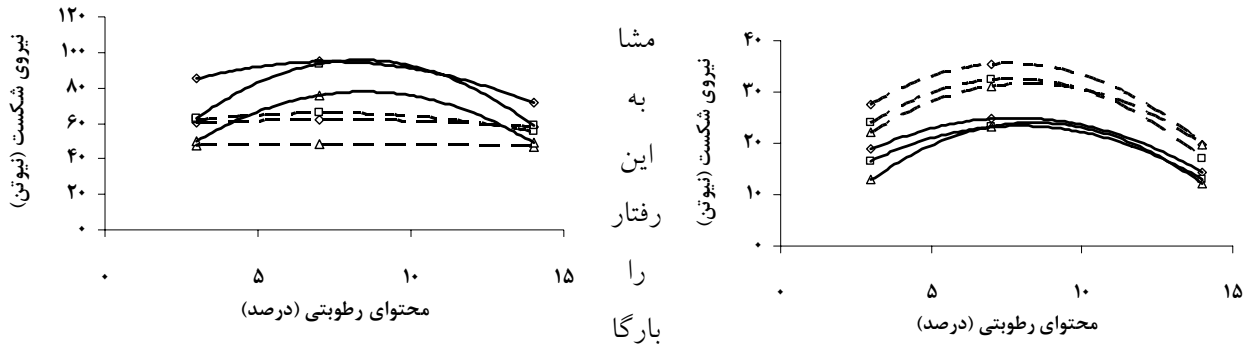
در این تحقیق، تجزیه و تحلیل داده ها، تعیین مدل های ریاضی و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

- نیروی شکست دانه و مغز

روند تغییرات و مقادیر میانگین نیروی شکست دانه و مغز واریته مورد بررسی آفتابگردان برای هر سه دسته بزرگ، متوسط و کوچک در محدوده رطوبتی ۳ تا ۱٤٪ در اشکال ۵ و ٦ نشان داده شده اند. پیداست که با افزایش رطوبت از ۳ تا ۱٤٪، نیروی شکست دانه و مغز در هر دو جهت بارگذاری افقی و عمودی شدیداً کاهش می یافت. این روند کاهش نیرو با رطوبت ممکن است به دلیل نرم شدگی بافت دانه و مغز با افزایش رطوبت باشد که مقدار کمینه را برای نیروی شکست بدست می دهد (گاپتا و داس، ۲۰۰۰). فوتز و همکاران (۱۹۹۳) معتقدند که مقاومت مکانیکی دانه به ترکیبات سلولزی دیواره سلول و مواد مرکبی که سلول ها را به هم پیوند می دهد بستگی دارد. افزایش رطوبت دانه، سبب سست شدن شاخه های هیدروژنی سلولز می شود. افزایش رطوبت همچنین پیوند بین پروتئین ها، نشاسته و سایر ترکیبات سلول را سست می کند که در نهایت سبب کاهش مقاومت مکانیکی دانه و افزایش قابلیت تغییر شکل پذیری آن در مقابل نیروهای وارده می شود. روند کاهش نیروی شکست با افزایش رطوبت برای سایر دانه های کشاورزی توسط محققان متعدد گزارش شده است (لیو و همکاران، ۱۹۹۰ برای سویا؛ جوشی، ۱۹۹۳ برای تخمه کدو؛ بای و همکاران، ۱۹۹٦ برای باقلا؛ گاپتا و داس،۲۰۰۰ برای تخمه آفتابگردان؛ کوناک و همکاران، ۲۰۰۲ برای نخود؛ سعیدی راد و همکاران، ۲۰۰۸ برای دانه زیره).

طبق داده های این اشکال، میانگین نیروی شکست دانه و مغز به ترتیب ۹٤/۷۲-٤۷/۱ و ۳۵/٤٦-۱۲/۰۸ نیوتن بدست آمد. پیداست که نیروی شکست لازم برای دانه آفتابگردان نسبت به مغز بیشتر می باشد. گاپتا و داس (۲۰۰۰) نیز نیروی شکست دانه (٦۵/۲-۳۵/۳ نیوتن) آفتابگردان را نسبت به مغز (۱۳/٤-۸/۵ نیوتن) بیشتر گزارش کردند. با وجود کاهش نیروی شکست دانه و مغز با رطوبت، یک افزایش در نیروی شکست در رطوبت ۷٪ برای دانه و مغز در هر دو جهت بارگذاری برای تمامی فاکتورهای اندازه مشاهده شد. شکست دانه و مغز در این رطوبت با صدا نیز همراه بود. گاپتا و داس (۲۰۰۰) نیز با وجود اعتقاد به کاهش نیروی شکست دانه و مغز آفتابگردان با رطوبت، یک افزایش در نیروی شکست را در رطوبت ۸٪ برای دانه و مغز گزارش کردند. آنها همچنین تشخیص نقطه تسلیم را در نمودار نیرو-تغییر شکل برای رطوبت ۸٪ سهل تر اعلام نمودند. خزائی و همکاران (۲۰۰۲) نتایج مشابهی را برای دانه نخود در رطوبت ۷٪ بدست آوردند. آنها این علائم را نشانگر این واقعیت دانستند که دانه های نخود با رطوبت ۷٪ را می توان به عنوان یک ماده الاستیک در نظر گرفت.



مشابه این رفتار را بارگا له و ایروداياراج (۱۹۹۵) و وانانن و اکوس (۱۹۸۸) برای سایر دانه ها گزارش کرده اند.

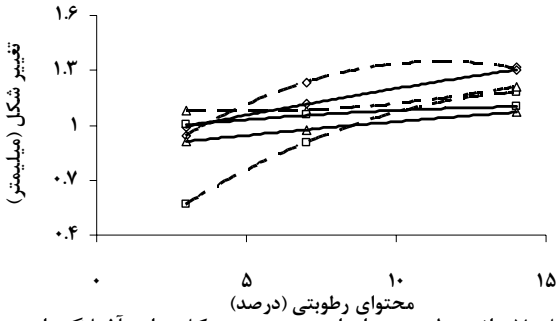
شکل ۵- اثر رطوبت و اندازه بر نیروی شکست دانه آفتابگردان (◊، بزرگ؛ □، متوسط؛ Δ، کوچک؛ ——، عمودی؛ - - -، افقی).

شکل ۶- اثر رطوبت و اندازه بر نیروی شکست مغز
آفتابگردان (◊، بزرگ؛ □، متوسط؛ Δ، کوچک؛ ـــ، عمودی؛ - - -، افقی)

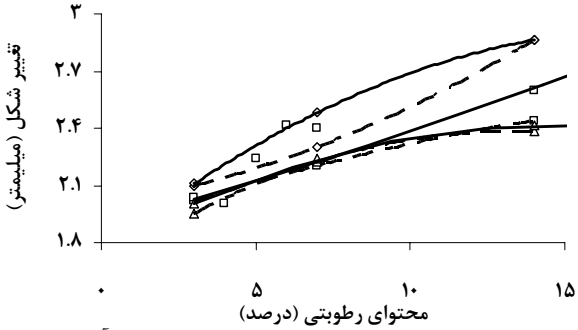
تغییر شکل در جهت افقی مغز در نقطه شکست

روند تغییرات شکل دانه و مغز واریته مورد بررسی آفتابگردان برای هر سه دسته بزرگ، متوسط و کوچک در محدوده رطوبتی مورد مطالعه در اشکال ۷ تا ۸ آمده است. طبق نتایج ارایه شده پیداست که با افزایش رطوبت از ۳ تا ۱٤٪، میانگین تغییر شکل دانه و مغز در نقطه شکست در هر دو جهت بارگذاری افزایش یافت. این رفتار به دلیل افزایش نرمی دانه یا مغز در رطوبت بالا می باشد که تمایل به تغییر شکل نمونه را افزایش می دهد. پائولسن (۱۹۷۰) نتایجی مشابه را برای دانه سویا گزارش کرد. مطالعه مقادیر میانگین تغییر شکل دانه در دو جهت بارگذاری (اشکال ۷ و ۸) نشان داد که تغییر شکل دانه آفتابگردان در جهت عمودی بیشتر از آن در حالت بارگذاری افقی می باشد. نتایج بررسی تغییرات میانگین مغز آفتابگردان در دو جهت بارگذاری (٤-۵۸ و ٤-٦۰) نیز بیشینه مقدار تغییر شکل را در حالت عمودی نسبت به حالت افقی نشان داد. این نتایج، قابلیت تغییر شکل پذیری بیشتر دانه و مغز را در حالت بارگذاری عمودی بیان می کند.

طبق داده های اشکال ۷ تا ۸ ، میانگین تغییر شکل دانه و مغز واریته شاهرودی به ترتیب ۱/۳۱-۰/۵۷ و ۲/۸٦-۱/۹۵ میلیمتر بدست آمد. همچنین طبق نتایج این شکل ها پیداست که در تمامی فاکتورهای رطوبتی و اندازه، میانگین تغییر شکل مغز (۲/۹۰-۱/۹۲ میلیمتر) از مقادیر میانگین تغییر شکل دانه (۱/٦٦-۰/٤۷ میلیمتر) بیشتر می باشد. تحقیق انجام شده توسط گاپتا و داس (۲۰۰۰) برای تخمه آفتابگردان تمامی نتایج بدست آمده بالا برای دانه و مغز را تأیید می کند. آنها محدوده تغییر شکل دانه و مغز آفتابگردان را به ترتیب ۱/٤٦-۰/۷ و ۲/۳۲-۰/۸٤ میلیمتر اعلام نمودند.



شکل ۷- اثر رطوبت و اندازه بر تغییر شکل دانه آفتابگردان (◊، بزرگ؛ □، متوسط؛ Δ، کوچک؛ ـــ، عمودی؛ - - -، افقی).



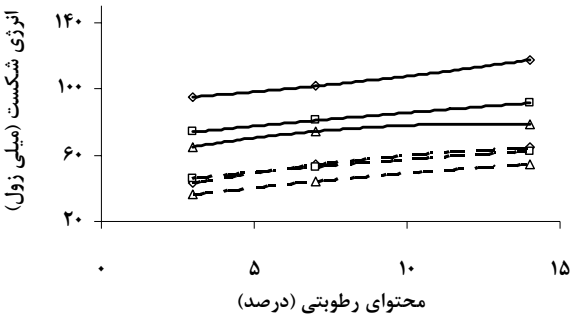
شکل ۸- اثر رطوبت و اندازه بر تغییر شکل مغز آفتابگردان (◊، بزرگ؛ □، متوسط؛ Δ، کوچک؛ ـــ، عمودی؛ - - -، افقی).

- انرژی لازم برای شکست دانه و مغز

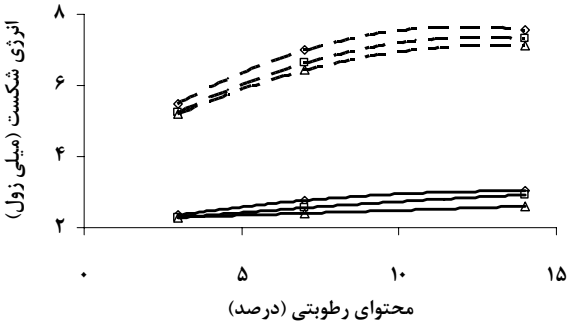
اشکال ۹ و ۱۰ مقدار تغییرات میانگین انرژی شکست دانه و مغز واریته شاهرودی را برای هر سه دسته در محدوده رطوبتی بین ۳ تا ۱٤٪ ارائه می دهد. پیداست که با افزایش رطوبت نمونه، انرژی لازم برای شکست دانه و مغز آفتابگردان در هر دو جهت بارگذاری افزایش می یابد. این افزایش، مسلماً به دلیل تأثیر مستقیم دو فاکتور نیرو و

تغییر شکل روی انرژی تا لحظه شکست می باشد. برای دانه های خشک نیروی شکست بـزرگ ولـی مقـدار تغییـر شکل آن تا لحظه شکست کوچک بود. در صورتیکه دانه های مرطوب، دارای نیروی شکسـت کـم و قابلیـت تغییـر شکل پذیری بیشتری بودند. زورب و هال (۱۹٦۰) نیز همین نظر را در مورد شکست دانه ذرت گزارش کرده اند. از طرف دیگر ظرفیت بالای جذب انرژی دانه های مرطوب نسبت به دانه های خشک، خصوصیت با ارزشی است کـه مقاومت به شکست و از هم گسیختگی در حین اعمال شکست نمونه را افزایش می دهد (پائولسن، ۱۹۷۸؛ زورب و هال، ۱۹٦۰). این خصوصیت می تواند سبب کاهش درصد دانه های شکسته مخصوصاً در بارگذاری دینامیکی شود. از مطالعه مقادیر میانگین انرژی شکست دانـه و مغـز (شـکل هـای ٤-٦۱ تـا ٤-٦٦) پیداسـت کـه دانـه آفتـابگردان (۱٤۹/٥۳-۲۰/۳۰میلی ژول) انرژی بیشتری را برای شکستن نسبت بـه مغـز (۷/۹۳-۲/۲٥ میلـی ژول) لازم دارد. بـه طور کلی مقادیر میانگین دانه و مغز به ترتیب ۱۱۷/۳۲-۳٦/۰٤ و ۷/٥٦-۲/۲۸ میلی ژول بدست آمد.

گاپتا و داس (۲۰۰۰) افزایش انرژی لازم شکست دانه و مغز آفتابگردان را با افزایش رطوبت به ترتیب از ۲۲/۸٥ تـا ۹٥/۱۸ و ۸/۱۲ تا ٦٥/۷٥ ژول بر متر مکعب گزارش کردند. روند افزایش انرژی لازم شکست دانه های کشاورزی بـا رطوبت توسط محققان دیگری نیز گزارش شده است (جوشی، ۱۹۹۳ برای تخمه کـدو؛ خزائـی و همکـاران، ۲۰۰۲ برای دانه نخود؛ سعیدی راد و همکاران، ۲۰۰۸ برای زیره). با این وجود، سینگ و گوسوامی (۱۹۹٦) کـاهش انـرژی لازم شکست دانه زیره را با افزایش رطوبت اعلام کردنـد. پراسـاد و گاپتـا (۱۹۷۳) نیـز کـاهش مقـدار انـرژی لازم شکست برنج را با افزایش رطوبت گزارش کردند.



شکل ۹- اثر رطوبت و اندازه بر انرژی شکست دانه آفتابگردان (◊، بزرگ؛ □، متوسط؛ Δ، کوچک؛ ـــ، عمودی؛ - - -، افقی).



شکل ۱۰- اثر رطوبت و اندازه بر انرژی شکست مغز آفتابگردان (◊، بزرگ؛ □، متوسط؛ Δ، کوچک؛ ـــ، عمودی؛ - - -، افقی).

پیشنهادات

- برای تعیین نیرو، تغییر شکل و انرژی لازم برای شکست دانه و مغز، پیشنهاد می شود برای کسب نتایج کاربردی در این زمینه، تأثیر سرعت بارگذاری نیز بر این پارامترها بررسی شود.

٤- مواد کشاورزی در حین فرآوری رفتاری ویسکو الاستیک از خود نشان می دهند. شلف و محسنین (۱۹٦۷) و آرنولد و ربترز (۱۹٦۹) و محققان متعدد نیز این مسئله را باور داشتند ولیکن آنها نشان دادند که اگر نیروی وارده به نمونه کوچک و در زمان اندک وارد شود می توان رفتار مواد کشاورزی را الاستیک فرض نمود. استفاده از این

فرضیه نیازمند دانستن اطلاعات در مورد ضریب پواسون و مدول الاستیسیته مواد کشاورزی می باشد. بررسی منابع نشان دادکه تا حال حاضر هیچ اطلاعاتی در مورد ضریب پواسون و مدول الاستیسیته دانه و مغز آفتابگردان گزارش نشده است. لذا تعیین این پارامترها به منظور بررسی رفتار الاستیک دانه و مغز توصیه می شود.

۵- برای طراحی دقیق و بهینه ماشین های حمل و نقل و فرآوری دانه و مغز آفتابگردان همانند سایر دانه های محصولات کشاورزی، تعیین پارامترهای شکست محصول مفید می باشد. چون همانطور که لیو و همکاران (۱۹۹۰) و بالاستریره و همکاران (۱۹۸۲) نیز معتقدند ایجاد ترک های تنشی در داخل دانه ها پدیده ای است که اغلب در طی برداشت، حمل و نقل و فرآوری بوجود می آید. بنابراین تعیین پارامترهای شکست و تأثیر آنها بر افت مقاومت به شکست، برای دانه و مغز آفتابگردان توصیه می شود.

منابع

۱- وزارت جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، شرکت کشت و صنعت دانه های روغنی.

۲- میر نظامی ضیابری، س .ح . ۱۳۸۰. فن آوری روغن و پالایش آن، نشر علوم کشاورزی.

3- Arnold, P.C., and Roberts, A.W. 1969. Fundamental aspects of load-deformation behavior of wheat grains. Transactions of the ASAE, 18: 104-108.

4- Bilanski, W.K. 1966. Damage resistance of seed grains. Transactions of the ASAE, 9: 360-363.

5- Erica, B. , Cuniberti, A., Susana, M., 2004. Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. Journal of Food Engineering v2(2006): 134-140.

6- 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: 569-576.

7- Goncharova, Z. 1962. Investigation into the effect of hydrothermal treatment of grain on the changes in its structural and mechanical properties. Mukomol no-elevatornaia Promyshlen-nost, 28: 8-10.

8- Gupta, R.K., and Das, S.K. 2000. Fracture resistance of sunflower seed and kernel to compressive loading. J. Food Eng. 46, 1–8.

9- Isik, E., Unal, H., 2007. Moisture-dependent physical properties of white speckled red kidney bean grains. Journal of Food Engineering Research, 82: 209-216.

10- ISI (1966). Indian standard methods for analysis of oilseeds, IS:3579.New Delhi: Indian Standard Institute.

1۱- Joshi, D.C. 1993. Mechanical dehulling of pumpkin seed. Unpublished PhD Thesis, Agricultural Engineering Department, I.I.T, Kharagpur, India.

12- Joshi, D. C., Das, S.K., and Mukherjee, R.K., 1993. Physical properties of pumpkin seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. v(54): 219-229.

13- Khazaei, J. 2002. Determination of force required to pea pod harvesting and mechanical resistance to impact. Ph.D Thesis, Faculty of Biosystem Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.

14- Konak, M., Carman, K., and Aydin, C. 2002. Physical properties of chick pea seads. Biosystems Engineering, 82: 73-78.

15- Liu, M., Haghighi, K., Storshine, R.L., and Ting, E.C. 1990. Mechanical properties of the soybean cotyledon and failure strength of soybean kernels. Transactions of the ASAE, 33: 559-566.

16- Makanjuola, G.A. 1972. A study of some of the physical properties of melon seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 12: 128-137.

17- Mohsenin, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. 2nd Revised and Updated Edition. Gordon and Breach Science Publishers. New york.

18- Murthy, C.T., Bhattacharya, S., 1998. Moisture dependent physical anduniaxial compression properties of black pepper. Journal of FoodEngineering 37 (2), 193–205.

19- Paulsen, R.M., 1978. Fracture resistance of soybeans to compressive loading. Transactions of the ASAE, 21: 1210-1216.

20- Saiedirad, M.H., Tabatabaeefar, A., and Borghei., A. 2007. Effect of moisture content, seed size, loading rate and seed orientation on force and energy required for fracturing cumin seed under quasi-static loading Journal of Food Engineering, 86: 565-572.

21- Shelef, L. Mohsenin, N.N. 1967. Evaluation of the modulus of elasticity of wheat grains. Cereal Chemical, 44: 392-402.

22- Singh, K.K., and Goswami, T.K. 1998. Mechanical properties of cumin seed under compressive loading. Journal of Food Engineering Research, 36: 311-321.

23- Zoreb, G.C., and Hall, C.W. 1960. Some mechanical and rheological properties of grains. Journal of Agricultural Engineering Research, 5:83-93.