Archive of SID

نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۳ شماره ۱/ سال ۱۳۹۲

تعیین شاخص قابلیت شکست توده دانه برنج بوسیله یک دستگاه آسیاب آزمایشگاهی

امیر حسین افکاری سیاح [۱*]

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۳

[۱] استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
[*]مسئول مکاتبه: ahafkari@gmail.com

چکیده

برای تعیین علل کاهش استحکام دانه‌های برنج طی عملیات برداشت و پس از آن و نیز امکان تشخیص کیفیت توده برنج به ویژه در مراحل خرید و فروش، وجود روش و ابزار مناسب برای این کار ضروری است. یکی از این معیارها شاخص قابلیت شکست (BSI) دانه می‌باشد که می‌توان آن را توسط یک دستگاه گریز از مرکز ضربه‌ای به صورت درصد وزنی مشخص نمود. بر این اساس، با انجام اصلاحاتی روی یک دستگاه آسیاب آزمایشگاهی، در یک طرح آزمایشی کاملا تصادفی به شکل فاکتوریل (با ۱۰۸ آزمون) اثر نوع تیغه، سرعت دورانی تیغه، مدت زمان کار دستگاه و رطوبت دانه بر عملکرد دستگاه (بر اساس ایجاد ۵۰٪ شکست در توده دانه) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده نشان داد که هر چهار عامل اثری معنی‌دار بر شاخص قابلیت شکست دانه داشتند. مقدار کمینه شاخص BSI معادل ۳/۵٪ به تیمار کمترین سرعت، کمترین مدت زمان آسیاب و پایین‌ترین رطوبت دانه و به تیغه تخت اختصاص داشت در حالی که بیشترین میزان شکست معادل ۹۶/۸٪ اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد با انجام آزمایشات بیشتر در سطوح وسیع‌تری از سرعت و مدت زمان آسیاب در ارقام متداول می‌توان به روش قابل اطمینانی برای تعیین کیفیت توده برنج از لحاظ قابلیت شکست دست یافت.

واژه‌های کلیدی: آزمون گریز از مرکز، برنج، قابلیت شکست دانه، کیفیت دانه

www.SID.ir

Archive of SID

Determination of rice breakage susceptibility index by means of a laboratory milling tester

A H Afkari-Sayyah[1*]

Received: June 12, 2010 Accepted: August 24, 2012
[1]Assistant professor, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[*]Corresponding author: E-mail: ahafkari@gmail.com

Abstarct
For determining the rationale of reducing rice grain strength during harvesting and post-harvesting and measuring the quality of grains, it is necessary to use the proper method and device, especially in bulk samples. One of this quality indices is grain breakage susceptibility index (BSI). For determining this index it is possible to use a centrifugal impact tester and calculate the BSI in weight percent. Accordingly, after modifying a laboratory milling device, the effect of type of blade, blade rotating speed, time of milling and grain moisture content were investigated on the rate of grain breakage in an experimental design and in the form of a factorial test by conducting 108 milling tests. The results of the tests showed that all of independent factors had a statistical significant effect on BSI. The minimum value of BSI equal to 3.5%, was related to minimum rate of rotational velocity, minimum rate of milling time and minimum value of moisture content using flat blade, while the maximum value of BSI was equal to 96.8%. Based on the results of this research, it seems that by conducting more experiments in a wider range of milling time and rotational velocity in common varieties, it will be possible to achieve a reliable method for determining the rice quality in bulk samples according to its breakage susceptibility index.

Keywords: Centrifugal impact test, Rice, Breakage susceptibility, Grain quality

مقدمه

از برداشت برنج به صورت شلتوک تا هنگامی‌که به شکل برنج سفید عرضه می‌شود، فرآیندهای مختلفی روی آن انجام می‌گیرد. در این ارتباط ترک‌خوردگی دانه بزرگ‌ترین مشکل در صنعت برنج می‌باشد. از آنجاکه برنج به صورت دانهٔ کامل مصرف می‌شود لذا وجود دانه‌های شکسته ارزش توده برنج را تا حد زیادی کاهش می‌دهد (کرمانی ۱۳۸۵). ضمن این‌که دانه‌هایی که مستعد شکست هستند از کیفیت پخت و ارزش تجاری کمتری برخوردار بوده و نسبت به حملهٔ حشرات و عوامل بیماری‌زا آسیب پذیرترند. لازم به ذکر است که دانه‌هایی که از قابلیت به شکست بالاتری برخوردارند، بیشتر دچار آسیب دیدگی می‌شوند. شکاف‌ها و ترک‌های موجود در دانه عمدتاً ترک‌های تنشی[1] هستند که در بافت آندوسپرم دانه ایجاد شده و علت آن تنش‌های حرارتی (خشک کردن با دمای بالا و سرد کردن سریع)، رطوبتی و مکانیکی است. یکی از شاخص‌هایی که ارتباط آن با ترک‌های تنشی در دانه مشخص شده، شاخص قابلیت شکست دانه می‌باشد (جوناسکاران و موتوکوماراپان ۱۹۹۳). قابلیت شکست عبارت است از پتانسیل شکست یا ایجاد ترک در دانه هنگامی که طی جابجایی و فرآوری در معرض بارهای ضربه‌ای قرار می‌گیرد (AACC ۱۹۸۳). با توجه به توضیحات فوق، قابلیت شکست دانه را می‌توان یک شاخص کیفی درنظر گرفت که اندازه‌گیری آن در تعیین کیفیت

[1] . Stress crack

www.SID.ir

Archive of SID

محصول فرآوری شده اهمیت دارد. دراین صورت توسعه روش‌های اندازه‌گیری قابلیت شکست دانه نیز لزوماً می‌بایست مد نظر قرار گیرد. روش‌های ارزیابی قابلیت شکست را می‌توان به دو دستهٔ مشاهده‌ای و ابزاری تقسیم‌بندی کرد. استفاده از روش‌های مشاهده‌ای زمان‌بر بوده به طوری که تنها در امور تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در روش‌های ابزاری، قابلیت آسیب در دانه‌ها با قرار دادن دانه‌ها در معرض بارهای ضربه‌ای یا سایشی و به کمک وسایل مکانیکی تعیین می‌شود. بر اساس مبانی مکانیک شکست[۲]، شکست در مواد تر در زمانی که تحت نیروهای ضربه‌ای، کششی یا خمشی قرار گیرند بطور عمده به سه عامل سطح تنش، اندازه ترک و نوع ماده بستگی دارد. معادله (۱) نشان می‌دهد که چقرمگی شکست یک ماده ترد (K_{IC} ، برحسب $MPa\sqrt{m}$)، به طور مستقیم با سطح تنش (σ ، برحسب مگاپاسکال) و جذر اندازه طول ترک (a ، برحسب متر) مرتبط است (آسکلند ۲۰۰۲).

$$K_{IC} = f\,\sigma\,\sqrt{\pi\,a} \qquad (۱)$$

در معادله فوق f معرف هندسه نمونه آزمایش و ترک می‌باشد که می‌توان آن را برای تمامی دانه‌های مورد آزمایش یکسان در نظر گرفت. به این ترتیب با کنترل سطح تنش اعمال شده بر دانه‌ها می‌توان در صورت ایجاد شکست در دانه، برآوردی از اندازه ترک‌های موجود در دانه و نیز مقاومت ماده به گسترش ترک بدست آورد. این تحلیل مبنای بسیاری از تحقیقات برای شناسایی قابلیت شکست و علل شکست در محصولات دانه‌ای است که اساساً موادی ترد محسوب می‌گردند. مروری بر سابقه تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از دستگاه‌های آزمایشگاهی برای تشخیص قابلیت شکست در دانه-های ترد و دانه هایی که شکست در آنها منجر به کاهش کیفیت محصول می‌شود (مانند ذرت، عدس، برنج، نخود و گندم)، همواره از اهمیت برخوردار بوده است (واتسون و کینر ۱۹۹۳، اسحق‌بیگی و همکاران ۲۰۰۹، جوناسکاران و پالسن ۱۹۸۵). در این ارتباط طی تحقیقی، تانگ و همکاران (۱۹۹۱)، قابلیت شکست دانه‌های عدس را به کمک دستگاه SBT بررسی کردند. در این تحقیق نمونه‌های توده عدس با محتوای رطوبتی ۱۲/۲ درصد برای زمان‌های ۱، ۲، ۳، ٤ و ٥ دقیقه توسط دستگاه مذکور مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدت زمان عملیات بیشترین اثر را بر یکنواختی نتایج دارد. میلر و همکاران (۱۹۷۹)، با استفاده از دستگاه SBT مدل CK-2 برای ذرت، دریافتند که به ازای هر یک درجه افزایش در دمای ذرت، قابلیت شکست حدود ۰/۲۳ درصد کاهش می‌یابد. در همین ارتباط، سریواستوا و همکاران (۱۹۷٦)، تأثیر پارامترهای ضربه را بر آسیب فیزیکی وارده به دانه‌های ذرت مطالعه کردند. با این‌همه، در حال حاضر هیچ روش استانداردی برای تعیین قابلیت شکست دانه برنج موجود نیست. با توجه به سابقه پژوهش های انجام شده و محدودیت تحقیقات انجام شده در مورد برنج، در این پژوهش با انجام آزمایش‌های متعدد نحوه تأثیر چهار عامل رطوبت دانه، مدت زمان آسیاب، سرعت دورانی و نوع تیغه بر عملکرد یک دستگاه ضربه‌ای گریز از مرکز مورد بررسی قرار گرفته و سپس شاخصی به نام قابلیت شکست دانه‌های برنج بر اساس استحکام توده دانه به ضربه استخراج گردید.

مواد و روش‌ها

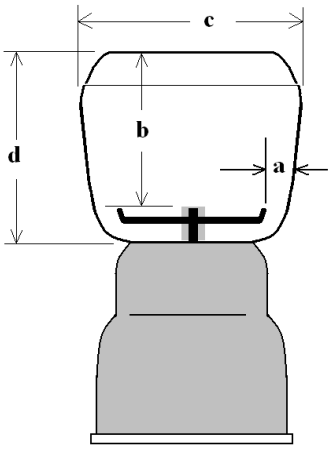
در این پژوهش به منظور قرار دادن توده دانه در معرض بارهای ضربه‌ای از ساختار یک دستگاه آسیاب آزمایشگاهی موتورگرد استفاده شد. اولین مشکل در این زمینه، سرعت دورانی زیاد این نوع آسیاب‌ها بود که در مدت زمان بسیار کمی، آسیب بسیار شدیدی به توده دانه وارد می‌نمود. لذا با یک دیمر و نصب آن روی دستگاه، امکان کاهش سرعت دورانی و نیز دسترسی به سطوح

[2] . Rupture Mechanics

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف سرعت فراهم گردید و محدوده سرعت دورانی ۵۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ دور بر دقیقه برای دستگاه فراهم شد. مشکل دوم، لبهٔ فولادی تیز و شکل تیغه‌های این دستگاه بود که متناسب با نوع کار دستگاه انتخاب شده بود و سبب تسهیل در شکست دانه می‌شد. لبه های تیز تیغه‌ها باعث اعمال تنش‌های برشی بسیار شدید بر دانه‌ها می‌شد و دانه‌ها به جای اینکه تحت ضربه قرار گیرند، بیشتر در اثر نیروی برشی حاصل از دوران تیغه‌ها آسیاب می‌شدند. برای این منظور از دو تیغهٔ جدید استفاده شد و تغییراتی در شکل تیغه‌ها اعمال شد. در یک تیغه فقط دو لبهٔ انتهایی تیغه به سمت بالا خم شد. در مورد تیغهٔ دوم، هر دو طرف تیغه در جهت برخورد به دانه‌ها تحت عملیات خم‌کاری قرار گرفت تا به جای اینکه دانه‌ها با لبهٔ تیز تیغه برخورد کنند، تیغه در جهت پهنای خود به دانه‌ها ضربه بزنند. در مرحلهٔ بعد، از تیغه‌های پوشش‌داردر آزمون‌های اولیه استفاده شد. پوشش‌های مختلفی از جمله لاستیک و تفلون روی تیغه‌ها آزمایش شد تا اینکه بهترین شرایط با استفاده از دو لایه از پوششی به نام وارنیش حاصل شد (شکل۱- چپ). برای لایهٔ اول از وارنیش شمارهٔ ۸ و برای لایهٔ دوم از وارنیش شمارهٔ ۱۰ استفاده شد. با اعمال این شرایط، تا حد زیادی از شدت آسیب کاسته شد. شکل ۱ (راست) فاصله تیغه از دیواره محفظه (a) و درب محفظه (b) را نشان می دهد که به ترتیب معادل ۱۰ و ۳۸ میلی‌متر بود، درحالی که مقادیر c و d به ترتیب معادل ۷۳ و ۷۶ میلی‌متر بودند.



شکل ۱- طرحواره دستگاه گریز از مرکز (راست)، تیغه‌های مورد استفاده در دستگاه (چپ)

آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام آزمایشات

به مقدار کافی شلتوک برنج از رقم متداول علی-کاظمی از مزارع منطقه آستارا در استان گیلان تهیه و رطوبت اولیه توده دانه با روش آون شامل دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس و مدت زمان ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. نمونه توده به سه بخش تقسیم و بر اساس رطوبت اولیه (۶، ۷/۵ و ۹٪ بر پایه تر) که رطوبت متداول در مراحل خرید و فروش توده برنج می‌باشد، تقسیم شد. سپس بر اساس طرح آزمایشی از هر سطح رطوبتی در زمان آزمایش تعداد ۳۶ نمونه توده دانه، هر نمونه شامل ۲۰۰ عدد دانه، به تصادف از توده‌های اصلی جدا و با دستگاه گریز از مرکز ضربه‌ای مورد آزمون قرار گرفت. به منظور تعیین شاخص قابلیت شکست[3] (BSI)، وزن توده دانه اولیه و توده دانه عبور کرده از الک با ترازوی دقیق مشخص شد. سرعت دورانی تیغه‌ها نیز به عنوان یکی دیگر از عوامل اصلی در دو سطح

[3]. Breakage Susceptibility Index

www.SID.ir

Archive of SID

در آزمایشات وارد شد (جدول ۱). انتخاب سرعت و نوع تیغه نیز پس از انجام آزمایشات اولیه و استفاده از انواع تیغه (با شکل‌های مختلف و دارای پوشش و بدون پوشش لاستیکی) و زمان‌های مختلف آسیاب و نیز قابلیت دستگاه در ایجاد سرعت‌های مختلف بدست آمد (شکل ۱). بطور کلی معیار انتخاب عوامل مذکور (رطوبت، شکل تیغه، سرعت دورانی تیغه و مدت زمان آسیاب) و سطوح آنها اطمینان از شکست دانه‌های معیوب و ترک‌دار و عدم ایجاد شکستگی در دانه‌های سالم بود، به طوری که در هر شرایط درصد شکست یا عدم شکست در محدوده متمایل به ۵۰٪ از کل نمونه توده مورد آزمایش قرار گیرد (جدول ۱).

جدول ۱- متغیرهای مستقل و سطوح آنها

رطوبت (٪)	شکل تیغه	سرعت دورانی (rpm)	مدت زمان (s)
٦/١	تخت	٦٠٠٠	٢
٧/٥	خمیده	١٠٠٠٠	٦
٩/٠			١٠

بنابراین طی یک طرح آزمایشی کامل تصادفی به صورت فاکتوریل، با انجام ۱۰۸ آزمون، اثر متغیرهای مستقل ذکر شده هر یک در سه تکرار بر درصد شکست توده دانهٔ برنج بررسی شد. برای تعیین درصد شکست دانه از رابطهٔ (۲) استفاده شد.

$$BSI = 100\times(N_T - N_S) / N_T \qquad (۲)$$

که در آن :

N_T= تعداد کل دانه‌های توده

N_S= تعداد دانه‌های سالم می‌باشند.

تجزیه و تحلیل آماری نتایج، شامل آنالیز واریانس و آزمون LSD ، با کمک نرم افزار SPSS و استخراج مدل‌های رگرسیونی با استفاده از نرم افزار Curve 3D Table انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

عوامل موثر بر شاخص BSI

هرچه مقدار BSI افزایش یابد نشان دهنده یکی از شرایط زیر است: الف- تنش بیشتری بر دانه‌های توده اعمال شده است، ب- دامنه اعمال تنش گسترده‌تر شده است و پ- دانه‌ها از استحکام کمتری برخوردار بوده‌اند. پایین بودن استحکام دانه خود علل مختلفی دارد که می‌توان آن را به دو دسته تقسیم نمود. ابتدا عوامل مرتبط با بافت دانه (مانند ابعاد ترک‌های موجود در دانه، که خود به رقم، نوع ژنوم و سابقه نیروهای وارد بر دانه طی مراحل پس از برداشت بستگی دارد) که تعیین نحوه تأثیر آن مهمترین هدف این پژوهش می‌باشد. دوم تأثیر شرایط محیطی مانند محتوای رطوبت دانه و دما که بر استحکام دانه تأثیر می‌گذارند. براساس نتایج آماری محدوده میانگین شاخص BSI در تمام شرایط تیماری از ۳/۵ تا ۹۶/۸٪ متغیر بود. به طوری که، مقدار کمینه آن متعلق به شرایط تیماری کمترین رطوبت، کمترین سرعت و کمترین زمان و تیغه خمیده و مقدار بیشینه این شاخص به بیشترین رطوبت، بیشترین سرعت و بیشترین زمان و تیغه تخت مربوط بوده است. با توجه به این‌که در ارقام دیگر برنج و یا با تغییر سطح رطوبت احتمال تغییر شاخص BSI وجود دارد، لذا برای اطمینان از عدم خروج این شاخص از محدوده صفر تا ۱۰۰٪ (با هدف امکان شاخص‌بندی کیفی برای توده برنج) شرایط تیماری که در آن مقدار BSI نزدیک به ۵۰٪ باشد به عنوان معیار درنظر گرفته می شود. دراین صورت با لحاظ محدوده اطمینان ۳۵ تا ٦٥٪ برای شاخص BSI می‌توان مناسب‌ترین شرایط تیماری را انتخاب نمود. بر این مبنا، سطح رطوبت ۷/۵٪ ، مدت زمان ۲ تا ٦ ثانیه برای عملیات آسیاب و سرعت ٦٠٠٠ دور بر دقیقه بهترین انتخاب برای انجام آزمون محسوب می‌گردند. در این صورت می‌توان کاربردی ترین ترکیب تیماری را رطوبت ۷/۵٪، سرعت

www.SID.ir

Archive of SID

۶۰۰۰ دور بر دقیقه و مدت زمان ٦ ثانیه برای دستگاه گریز از مرکز مورد نظر تعیین نمود.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

بر اساس نتایج تجزیه واریانس هر چهار عامل رطوبت، نوع تیغه، سرعت دورانی و مدت‌زمان آسیاب اثر معنی‌داری بر شاخص قابلیت شکست و به نوعی بر میزان شکست دانه‌ها داشتند (جدول۲). این بدان معنی است که انتخاب هر یک از این چهار پارامتر می‌بایست با دقت صورت گیرد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت پراکندگی مقادیر متغیر وابسته قابل ملاحظه بود و مقدار آن بطور متوسط به ۱۹٪ رسید که البته در دانه‌های خوراکی به ویژه با رطوبت کمتر از ۱۰٪ امری طبیعی به نظر می‌رسد و باید آن را به ماهیت بافت آندوسپرم دانه‌های غلات نسبت داد (افکاری سیاح و مینایی ۲۰۰٤). بر اساس جدول ۲، سرعت دورانی، رطوبت و اثر متقابل آنها با سه عامل دیگر، بیشترین تأثیر را بر میزان شکست دارد. این تأثیر در شکل‌های ۲ تا ٤ مشاهده می‌گردد. باید درنظر داشت که در دانه‌های خوراکی اگر رطوبت از حد معینی فراتر رود رفتار مکانیکی ماده (استحکام ماده) به ویژه در مقابل بارهای ضربه‌ای تغییر می‌کند، به طوری که بالاتر از یک سطح معین رطوبتی، دانه رفتار یک ماده نرم و پایین‌تر از آن رفتار یک ماده ترد را از خود نشان می‌دهد. بر اساس تحقیق افکاری سیاح و مینایی (۲۰۰٤) این حد در دانه گندم بین ۱۲ تا ۱٤٪ بر پایه تر می‌باشد و به نظر می‌رسد که در دانه برنج نیز از حد مشابه‌ای برخوردار باشد. در این صورت هر سه سطح رطوبتی مورد بررسی در این تحقیق در محدوده رفتار ماده ترد قرار می‌گیرند. به همین علت، تغییر قابل ملاحظه‌ای در مقدار BSI به واسطه تغییر رطوبت مشاهده نمی‌شود و همان‌گونه که از شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌گردد تغییرات BSI متناسب با افزایش رطوبت از روند مشخصی پیروی می‌کند. بر اساس نتایج بدست آمده، برای رسیدن به یک شاخص مطمئن از قابلیت شکست (محدوده ۵۰٪) با دستگاه مورد بررسی، مدت زمان ٦ ثانیه برای عملیات آسیاب مناسب‌ترین زمان بوده است. اما باید توجه نمود که مدت زمان آسیاب تا حد زیادی تابع سرعت دورانی تیغه‌ها است به طوری که اثر متقابل آن دو نیز در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار شده است و نحوه تأثیر توأم آن دو نیز در شکل ٤ به وضوح مشخص می‌باشد. به همین علت اگر سرعت دورانی تیغه به حدی کمتر از ٦۰۰۰ دور بر دقیقه نیز می‌رسید برای رسیدن به یک حد ثابت از BSI به زمان بیشتری نیاز می‌بود.

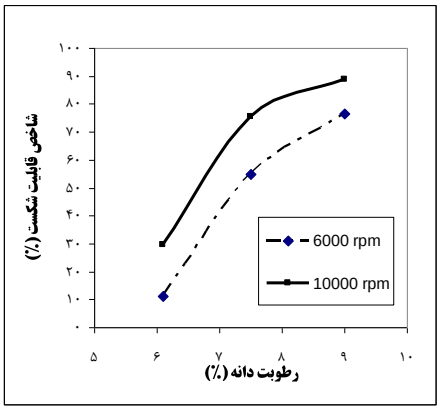
www.SID.ir

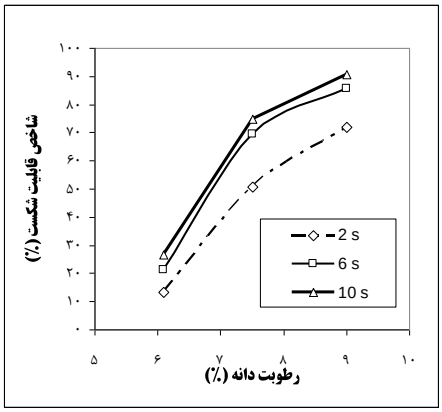
Archive of SID

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از شاخص قابلیت شکست

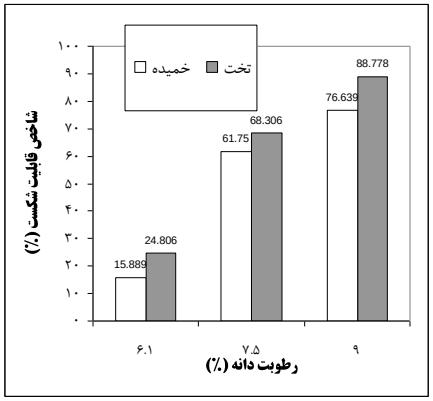
منبع خطا	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
رطوبت	۷٤۳۷٤/۳٥	۲	۳۷۱۸۷/۱۷	۲٤٤٤/۷٤	۰/۰۰۰
شکل تیغه	۲۲۸۷/۱۲	۱	۲۲۸۷/۱۲	۱٥۰/۳٦	۰/۰۰۰
سرعت	۸۰۲٥/٥٦	۱	۸۰۲٥/٥٦	٥۲۷/٦۱	۰/۰۰۰
زمان	٦٦۲۱/٥۱	۲	۳۳۱۰/۷٦	۲۱۷/٦٥	۰/۰۰۰
سرعت * شکل تیغه	۱٤۱/۳۹	۲	۷۰/۷۰	٤/٦٥	۰/۰۱۲
سرعت * رطوبت	۳۲۰/٤٥	۲	۱٦۰/۲۳	۱۰/٥۳	۰/۰۰۰
زمان * رطوبت	٤۸٦/٤۳	٤	۱۲۱/٦۱	۷/۹۹	۰/۰۰۰
سرعت * شکل تیغه	۲۲/۲۳	۱	۲۲/۲۳	۱/٤٦	۰/۲۳۰
زمان * شکل تیغه	۷۸/٥۱	۲	۳۹/۲٥	۲/٥۸	۰/۰۸۱
سرعت * زمان	۱۱۱/۲۸	۲	٥٥/٦٤	۳/٦٦	۰/۰۳۰
خطا	۱۳۳۸/٥۸	۸۸	۱٥/۲۱		
کل	٤۳۲۸۳۱/٥۰	۱۰۸			
مجموع اصلاح شده	۹۳۸۰۷/٤۲	۱۰۷			

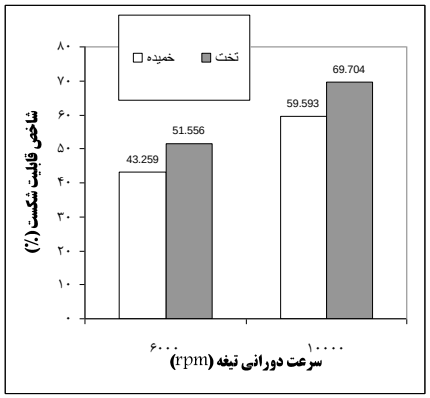
$R^2 = 0.986$ (Adjusted $R^2 = 0.983$)





شکل ۲- نحوه تأثیر متقابل رطوبت*سرعت و رطوبت*زمان بر شاخص قابلیت شکست توده دانه برنج

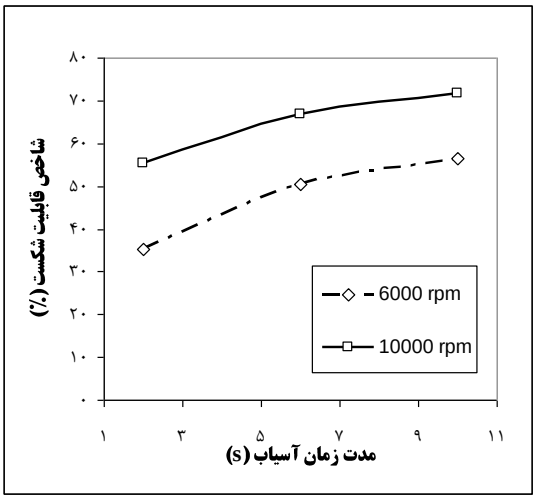




شکل ۳- نحوه تأثیر متقابل رطوبت*نوع تیغه و سرعت*نوع تیغه بر شاخص قابلیت شکست توده دانه برنج

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- نحوه تأثیر متقابل سرعت*زمان بر شاخص قابلیت شکست توده دانه برنج

بر اساس مبانی مکانیک شکست، کمترین تنشی که بتواند بزرگ‌ترین ترک را در یک ماده ترد گسترش دهد، کمترین تنش مکانیکی مورد نیاز برای ایجاد شکست در آن ماده می‌باشد (آسکلند ۲۰۰۲). در دستگاه گریز از مرکز ضربه‌ای مورد بررسی نیز هدف عمدتاً رسیدن به این آستانه و ایجاد شکست در دانه‌هایی است که حاوی ترک‌های بزرگی هستند و در غیر این صورت ادامه اعمال تنش و یا تکرار تنش‌های بالا نه تنها منجر به گسترش ترک‌های کوچک در دانه می‌گردد بلکه شرایط را برای ایجاد ترک‌های جدید نیز فراهم می‌کند که هیچ مزیتی در این روش تعیین کیفیت ایجاد نمی‌کند. با این فرض، در دستگاه مورد بررسی، قابلیت شکست دانه بر مبنای حداقل تنش اعمالی و حداقل مدت زمان آسیاب (با فرض یکنواختی در اعمال تنش به تک‌تک دانه‌های توده) محاسبه شد.

مدل پیش‌بینی قابلیت شکست

با توجه به اثر متقابل زمان*رطوبت و سرعت*رطوبت بر متغیر وابسته BSI، امکان استخراج مدل آماری پیش بینی قابلیت شکست به صورت تابعی از پارامترهای ذکر شده فراهم می‌باشد. بر این اساس معادلات ۳ و ٤ با ضریب تعیین نسبتاً بالا (به ترتیب با درنظر گرفتن ۲۷ و ۱۸ تکرار) به دست آمد:

$$B_{SI} = ۱۲۰۹/۸ - ۱۸۹/۷/M_C + ۳/۰۱T \quad (R^2 = ۰/۹۲٦) \qquad (۳)$$

$$B_{SI} = ۰/۷۳ + ۲۱/۹M_C + ۰/۰۳۹V + ۲/۷٤\times ۱۰^{-٦}V^{۲} \quad (R^2 = ۰/۷۵۳) \qquad (٤)$$

که در آن:

B_{SI} = شاخص قابلیت شکست توده دانه (٪)

M_C = رطوبت توده دانه بر پایه تر (٪)

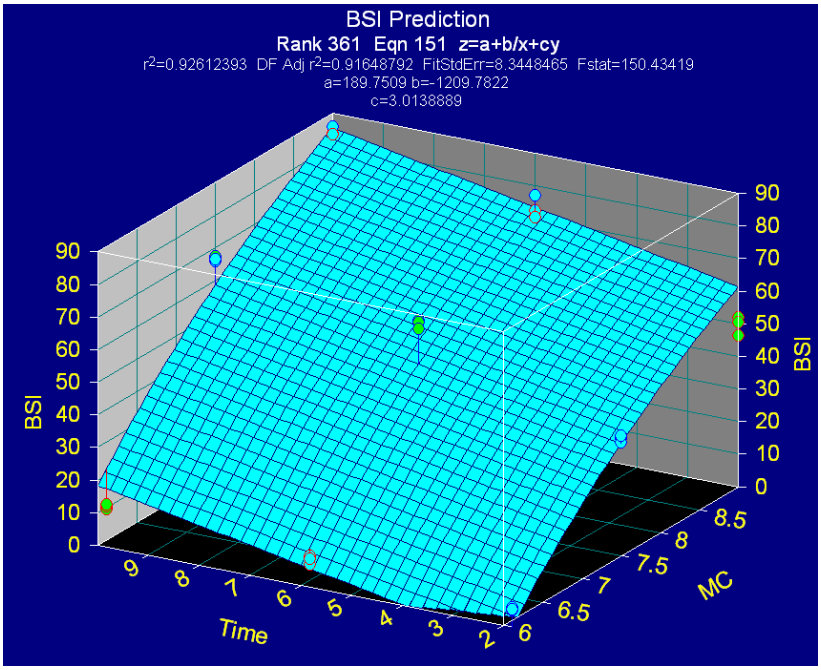
T = مدت زمان آسیاب (s)

V = سرعت دورانی تیغه‌ها (rpm)

بر اساس معادلات ۳ و ٤، قابلیت شکست توده دانه با افزایش رطوبت، مدت زمان بارگذاری و سرعت دورانی تیغه‌ها افزایش می‌یابد. شکل ۵ نحوه تغییرات BSI را نسبت به زمان بارگذاری و رطوبت دانه نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- تغییرات قابلیت شکست متناسب با تغییرات رطوبت و مدت زمان بارگذاری

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان مانند بسیاری از دانه‌های خوراکی برای تعیین قابلیت شکست دانه‌های برنج نیز از دستگاه آزمون گریز از مرکز (آسیاب اصلاح‌شده) استفاده نمود. مهمترین عوامل مؤثر در کنترل درصد شکست دانه‌ها عبارتند از رطوبت دانه، سرعت دورانی تیغه‌ها، شکل تیغه‌ها (و پوشش آنها) و مدت زمان آسیاب، درحالی که اثر عوامل دیگر نظیر دما، رقم و شرایط زراعی مرحله تولید ثابت نگه‌داشته شدند. با توجه به ماهیت این آزمون که هدف از آن مشخص نمودن بزرگترین ترک‌های تنشی موجود در تک‌دانه‌های یک نمونه توده می‌باشد، به نظر می‌رسد که سطح تنش اعمال شده به تک‌دانه‌ها، دامنه تنش اعمال شده و یکنواختی در اعمال این تنش در توده از مهمترین عواملی هستند که باید در دستگاه آزمون ضربه‌ای تحت کنترل قرار گیرند. بر این مبنا نتایج آزمایش فاکتوریل نشان داد که برای کنترل محدوده شکست در سطح ۵۰ درصد، باید دو عامل سرعت دورانی و مدت زمان آسیاب کنترل شوند که تعیین سطوح آنها به سطح رطوبت دانه و شکل و نوع سطح پوشش تیغه‌ها وابسته است. ضمن این که انجام تحقیقات بیشتر در دامنه گسترده‌تری از سرعت و مدت‌زمان بارگذاری و نیز در دیگر ارقام متداول برنج ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به موارد ذکر شده برای دستگاه مورد نظر، کاربردی‌ترین وضعیت رطوبت ۷/۵٪، سرعت ۶۰۰۰ دور بر دقیقه و مدت زمان ۶ ثانیه بوده است.

منابع مورد استفاده

کرمانی ع م، ۱۳۸۵. تعیین خواص گسیختگی و ویسکوالاستیک دانهٔ برنج در اثر دما و رطوبت، رسالهٔ دورهٔ دکتری، گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

AACC, 1983. American Association of Cereal Chemists. Method 55-20. Corn breakage susceptibility. St. Paul, MN 55121.

www.SID.ir

Archive of SID

Afkari-Sayyah A H, Minaei S, 2004. Behavior of wheat kernels under quasi-static loading and its relation to grain hardness. Journal of Agricalture Science Technology, 6: 11-13.

Askeland D, 2002. The Science and Engineering of Materials. Chapman & Hall, 4th Edn. London, UK, pp: 177-180.

Esehaghbeygi A, Daeijavad M, Afkari-Sayyah A H, 2009. Breakage susceptibility of rice grains by impact loading. Applied Engineering in Agriculture, 25: 943-946.

Gunasekaran S, Paulsen M R, 1985. Breakage resistance of corn as a function of drying rates. Transaction of the ASAE, 28: 2071- 2076.

Gunasekaran S, Muthukumarapan, 1993. Breakage susceptibility of corn stress crack categories. Transaction of the ASAE, 36: 1445-1446.

Miller B S, Hughes J W, Rousser I, Pomeranz Y, 1979. Standard method for measuring breakage susceptibility of shelled corn. Cearal Food World, 26: 75-80.

Srivastava A K, Herum F L, Stevens K K, 1976. Impact parameters related to physical damage to corn kernel. Transactions of the ASAE, 19: 1147-1151.

Tang J, Sokhansanj SH, Sosulski F, 1991. Determination of the breakage susceptibility of lentil seeds. Cereal Chem, 68: 647-650.

Watson S A, Keener H M, 1993. Evaluation of a modified Stein breakage tester for more rapid determination of corn breakage susceptibility. Department of Agricultural Engineering, 38: 565-569.

www.SID.ir