اثر رطوبت، سرعت دورانی و مدت زمان بارگذاری بر قابلیت شکست دانه برنج با کمک دستگاه آزمون گریز از مرکز بهینه سازی شده

امیرحسین افکاری سیاح[1*]، هادی رحمانی[2]، منصور راسخ[3] و عزت اله عسکری اصلی اردە[3]

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۳

[1] استادیارگروه ماشین های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

[2] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ماشین های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

[3] دانشیارگروه ماشین های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

*مسئول مکاتبه: Email:ahafkari@uma.ac.ir

چکیده

برای تعیین علل کاهش استحکام دانه‌های برنج طی عملیات برداشت و پس از برداشت و نیز امکان مقایسه کیفیت توده برنج، به ویژه در مراحل خرید و فروش، وجود روش و ابزار مناسب برای این کارضروریست. یکی از این معیارها شاخص قابلیت شکست توده دانه می‌باشد که می‌توان آن را با آزمایش نمونه توده دانه توسط یک دستگاه گریز از مرکز ضربه‌ای اصلاح شده به صورت درصد وزنی مشخص نمود. براین اساس، با انجام اصلاحاتی بر روی یک دستگاه آسیاب آزمایشگاهی، در یک طرح آزمایشی کاملا تصادفی به شکل فاکتوریل (با انجام ۵۰۰ آزمون) اثر محتوای رطوبتی، سرعت دورانی تیغه و مدت زمان کار دستگاه بر عملکرد دستگاه بر اساس ایجاد ۵۰٪ شکست در توده دانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که هر سه عامل مورد بررسی اثری کاملا معنی‌دار بر شاخص قابلیت شکست دانه داشتند. در نتایج حاصله مشخص شد که سرعت ۱۰۰۰ دور بر دقیقه و کمتر از آن و سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه و بیشتر از آن برای انجام این آزمایش به ترتیب به‌دلیل شکست کم و شکست زیاد مناسب نمی‌باشند. در نهایت سرعت ٤۰۰۰ دور بر دقیقه با رطوبت ۹ درصد بر پایه‌ی تر با مدت زمان ۸۰ ثانیه در محدوده شکست ۲۳ تا ٦۷درصد، به‌عنوان بهترین شرایط آزمون شناخته شد.

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

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of moisture contant, rotational speed and duration of test on breakage susceptibility of rice bulk sample by a modifieid centrafugal tester

A H Afkari-Sayyah[1*], H Rahmani[2], M Rasekh[3] and E Askari-Asli Ardeh[3]

Received:September 11, 2011 Accepted:October 24, 2012

[1]Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[2]MSc Student, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[3]Associate Professor, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[*]Corresponding author: E mail:ahafkari@uma.ac.ir

Abstract

For determining the rationale of reducing strength of rice kernels during harvesting and postharvest operations and comparing the quality of rice bulk samples, specially for comercial proposes, a suitable device and method for rice quality measurment is necessary. Rice Breakage susceptible index for bulk samples, is a proposed index which could be determined by a centrifugal impact tester based on weight percent. Therefore, by modification of a laboratory mill, the effect of moisture content, blade rotational speed and duration of test were investigated on a fabricated apparatus performance, based on 50% breakage level and according to a completely randomize factorial test and by conducting 500 milling tests. The results showed that the three independent factors had a significant effect on BSI. According to the results, the speed of 1000rpm and less, and the speed of 5000rpm and more, are not suitable for this kind of test due to very low and very high rate of breakage, respectively. Finally, the speed of 4000 rpm, moisture content of 9% (wb) at 80 seconds of test duration was selected as the best condition for the test, according to 50% rate of breakage with minimum and maximum rate of 23 and 67%.

Key words: Rice, Grain quality, Breakage susceptibility, Centrifugal impact tester

Archive of SID

مقدمه

از زمانی که برنج به صورت شلتوک برداشت می‌شود تا هنگامی‌که به شکل برنج سفید به بازار عرضه می‌شود، فرآیندهای مختلفی بر روی آن انجام می‌گیرد. در این ارتباط ترک خوردگی دانه بزرگترین مشکل در صنعت برنج می‌باشد. از آنجاکه برنج به صورت دانه کامل[1] مصرف می‌شود لذا وجود دانه‌های شکسته ارزش توده را تا حد زیادی کاهش می‌دهد (کرمانی، ۱۳۸۵). ضمن اینکه دانه‌هایی که مستعد شکست می‌باشند از کیفیت پخت و ارزش تجاری کمتری برخوردار بوده و نسبت به حمله حشرات و عوامل بیماری‌زا آسیب پذیرترند. لازم به ذکر است که دانه‌هایی که از قابلیت به شکست بالاتری برخوردار باشند، بیشتر دچار آسیب دیدگی می‌شوند. شکاف ها و ترک های موجود در دانه عمدتا ترک های تنشی[2] هستند که در بافت آندوسپرم دانه ایجاد شده و علت آن تنش های 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 است شاخص قابلیت شکست دانه می‌باشد

[1]. Whole grain

[2] Stress crack

www.SID.ir

(جوناسکاران و موتوکوماراپان[3]، ۱۹۹۳). قابلیت شکست عبارت است از پتانسیل شکست یا ایجاد ترک در دانه هنگامی که طی جابجایی و فرآوری در معرض بارهای ضربه‌ای (بارگذاری دینامیکی) قرار می‌گیرد (AACC, 1983). با توجه به توضیحات فوق، قابلیت شکست دانه را می‌توان یک شاخص کیفی درنظر گرفت که اندازه‌گیری آن در تعیین کیفیت محصول فرآوری شده اهمیت دارد. در این صورت توسعه روش‌های اندازه-گیری قابلیت شکست دانه نیز لزوما می‌بایست مد نظر قرار گیرد. روش‌های ارزیابی قابلیت شکست را می‌توان به دو دسته روش‌های مشاهده‌ای و ابزاری تقسیم بندی کرد. استفاده از روش‌های مشاهده‌ای بسیار زمان بر 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[4]، شکست در مواد ترد زمانی‌که 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[5](یک روش محاسباتی برای شکست ماده ترد، در زمانی که در ماده ترک وجود داشته باشد) یک ماده ترد، K_{IC}[6] ، (برحسب $MPa\sqrt{m}$)، به طور مستقیم با سطح تنش (برحسبمگاپاسکال)، و جذر اندازه طول ترک، a (برحسب متر) مرتبط است (آسکلند[7]، ۲۰۰۲).

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

در معاله فوق f معرف هندسه نمونه آزمایش و ترک می‌باشد که می‌توان آن را برای تمامی دانه های مورد آزمایش یکسان در نظر گرفت. به این ترتیب با کنترل بر سطح تنش اعمال شده بر دانه ها 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 اساسا موادی ترد محسوب می‌گردند. مروری بر سابقه تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از دستگاه‌های آزمایشگاهی برای تشخیص قابلیت به شکست دردانه‌های ترد و دانه هایی که شکست در آنها منجر به کاهش کیفیت محصول شده، مانند ذرت، عدس، برنج، نخود و گندم، همواره از اهمیت برخوردار بوده است(واتسون و کینر[8]، ۱۹۹۳، اسحق بیگی و همکاران، ۲۰۰۹، جوناسکاران و پالسن[9]، ۱۹۸۵). در این ارتباط طی تحقیقی،تانگ[10] و همکاران (۱۹۹۱)، قابلیت شکست دانه‌های عدس را به کمک دستگاه SBT[11] 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 رویی کنواختی نتایج دارد. میلر[12] 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[13] و همکاران (۱۹۷٦)، تأثیر پارامترهای ضربه را بر آسیب فیزیکی وارده به دانه های ذرت مطالعه کردند. افکاری سیاح و همکاران (۱۳۸۹) دستگاه آزمون گریز از مرکزی را طراحی کردند. پایه این دستگاه یک دستگاه آسیاب آزمایشگاهی بود که با استفاده از دیمر سرعت دورانی آن کنترل می‌شد مشکل این دستگاه کارکرد در دورهای بسیار بالا بود و در دورهای پایین به دلیل

[3] Gunasekaran and Muthukumarapan
[4] Rupture Mechanics
[5] Fracture toughness
[6] Critical stress intensity factor
[7] Askeland
[8] Watson and Keener
[9] Gunasekaran and Paulsen
[10] Tang
[11] Susceptibility Breakage Tester
[12] Miller
[13] Srivastava

Archive of SID
www.SID.ir

استفاده از دیمر، ناکارآمد بوده و دستکاه قادر به اعمال ضربه نبود. 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 نیز با انجام آزمایش‌های متعدد نحوه تاثیر 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 دانه های برنج بر اساس استحکام توده دانه به ضربه استخراج گردید.

مواد و روش‌ها

برای ایجاد و اعمال نیروی گریز از مرکز بر تک تک دانه‌های یک توده، به یک حرکت چرخشی در یک فضای بسته نیاز است، ضمن اینکه با توجه به آنچه در مقدمه بیان شد و مشکلاتی که در طراحی مدل اولیه این دستگاه(افکاری سیاح و همکاران، ۱۳۸۹) وجود داشت دست یابی به سیستمی با کنترل دقیق بر سرعت دورانی در اولویت بود. بر این اساس در این پژوهش از یک الکتروموتور سه فاز ساخت کشور چین نوع ۸۵-۵۲۱.۶۴۹-۱۶ با مشخصات، توان ۱۲۰ وات، میزان دور ۲۶۶۰ دور بر دقیقه در فرکانس ۵۰ هرتز(فرکانس برق شهری در ایران)، استفاده شد. اولین مشکل در استفاده از این الکتروموتور سرعت دورانی بالای آن بود که در اثر این سرعت انرژی سینتیک اعمالی به دانه‌ها بسیار بالا بود و باعث آرد شدن توده‌ی مورد آزمایش می‌شد. لذا برای حل این مشکل از یک دیمر روی دستگاه استفاده شد. مسئله‌ای که با نصب دیمر برای الکتروموتور بوجود آمد، عدم کارکرد صحیح الکتروموتور در دورهای پایین بود. پس از آن که با بکارگیری دیمر نیز کنترل دور الکترو موتور میسر نشد، از روش جایگزین استفاده شد. در این روش ولتاژ ثابت بوده و در نتیجه گشتاور ثابت مانده و امکان کنترل دور فراهم می‌گشت. این کار باید توسط کنترل فرکانس ورودی الکتروموتور امکان‌پذیر می‌شد. در ایران فرکانس برق خانگی حدود ۵۰ هرتز بوده و تمام وسایل الکتریکی بر اساس این فرکانس کار می‌کنند. بطور معمول در کارهای صنعتی و تحقیقاتی کنترل فرکانس ورودی توسط قطعه‌ای الکترونیکی بنام اینورتور[14]، انجام می‌شود، لذا برای این منظور از یک عدد دستگاه اینورتور آلتیوار۱۲[15]، ساخت کشور فرانسه استفاده شد. این قطعه قابلیت تنظیم فرکانس از ۰ تا ۴۰۰ هرتز را داراست که ورودی آن برق تک فاز شهری (۲۲۰ ولت) بوده و خروجی آن جریان سه فاز می‌باشد که باید به الکترو موتور متصل گردد. توان خروجی این قطعه ۰/۳۷ کیلو وات بود. با اتصال خروجی اینورتور به پایه های یو- وی- دبلیو[16] الکتروموتور، با تنظیم فرکانس خروجی، دور الکتروموتور قابل تنظیم و افت گشتاور بسیار کم شد به طوریکه در دورهای پایین قابلیت اعمال نیرو امکان‌پذیر شد (شکل ۱).

شکل ۱- اینورتور و فیوز سوار شده روی تابلو

یکی دیگر از متغیرها که باید در این پژوهش اعمال می‌شد مدت زمان اعمال ضربه به توده‌ی دانه بود. هر اینورتور در شروع کار و برای رسیدن جریان خروجی به فرکانس تنظیم شده احتیاج به مدت زمانی به نام

14. Inverter
15. Altivar 12
16. U-V-W

Archive of SID
www.SID.ir

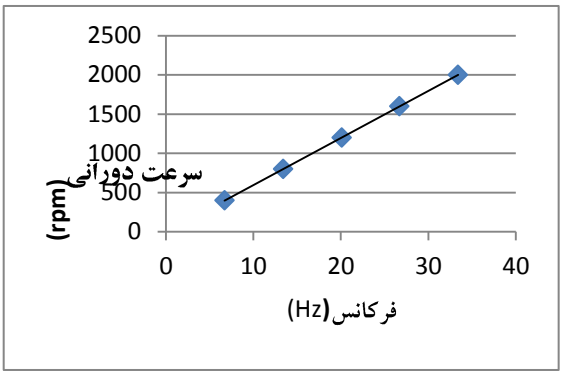
زمان شتاب افزاینده[17] و نیز در هنگام شروع به‌کار پس از رسیدن به سرعت مورد نظر برای متوقف کردن الکتروموتور احتیاج به یک زمان به نام زمان شتاب کاهشی[18] دارد. این مقادیر به‌صورت مساوی روی زمان ۳ ثانیه تنظیم شد. مابین این زمان‌های افزایش و کاهش دور، بازه‌ی زمانی قرار می‌گیرد که این بازه همان مدت زمان مورد نظر برای اعمال ضربه در یک سرعت دورانی ثابت (فرکانس ثابت) به توده‌ی برنج می‌باشد. برای تنظیم بازه‌های زمانی مورد نظر از یک قطعه‌ی کنترل زمان[19] ۸ پایه استفاده شد. تمام لوازم الکتریکی در داخل یک تابلو برق ۲۵*۳۵ سانتی‌متری پلاستیکی قرار گرفت. برای افزایش ضریب اطمینان یک کلید و یک فیوز در مسیر جریان ورودی قرار گرفت. از انتهای جعبه، سه رشته خروجی از تابلو مستقیما به موتور الکتریکی وصل شد.برای ساخت کاسه‌ی آسیاب با توجه به نمونه اولیه ساخته شده توسط افکاری سیاح و همکاران(۱۳۸۹)، از یک لوله‌ی فلزی به قطر داخلی ۸۰ میلیمتر به ضخامت ۳ میلیمتر به ارتفاع ٥٤ میلیمتر استفاده شد. برای ساخت کف کاسه یک ورق به ضخامت ۳ میلیمتر به شکل دایره و به قطر خارجی ۸۳/۷۰ میلیمتر بکار برده شد. سپس از وسط آن به قطر ٢٦ میلیمتر دایره‌ای به منظور عبور محور الکتروموتور بریده شد و این دو قطعه از طریق جوشکاری به هم وصل شدند. شکل ۲ نحوه‌ی ساخت کاسه‌ی الکتروموتور را نشان می‌دهد.برای جلوگیری از ورود اجسام خارجی به داخل ساختمان الکتروموتور از کنار محور آن و آببندی کامل کاسه‌ی آسیاب، از یک کاسه نمد به روی محور الکتروموتور استفاده شد. برای ساخت تیغه، اولین مرحله ساخت قسمت درگیر شونده با محور الکترو موتور بود.بدین منظور از یک لوله‌ی توپر به قطر ۲۰ و ارتفاع ۳۰ میلیمتر استفاده شد و با کمک مته‌ای به قطر ٥ میلیمتر داخل آن خالی شد. در قسمت زیرین دو پره با زوایای ۱۸۰ درجه نسبت به یکدیگر جوش زده شد. این پره‌ها هر کدام به طول ۲۵ میلیمتر و عرض ۲۰ میلیمتر از ورقی به ضخامت ۲ میلیمتر بریده شد. پره‌ها با محکم کردن تیغه در داخل گیره تحت زاویه‌ی ٤٥ درجه نسبت به افق خم شد. این کار به این منظور انجام شد که هم دانه‌ها را با هم مخلوط کند و هم به آنها ضربه وارد کند ولی در صورتی که از تیغه صاف نسبت به افق استفاده شود میزان نیروی برشی وارده بر توده‌ی برنج بسیار زیاد می‌شود بطوری که می‌تواند توده را به آرد تبدیل کند(افکاری سیاح و همکاران، ۱۳۸۹). برای افقی قرار دادن الکتروموتور و انجام آزمایشات از یک پایه‌ی فلزی L- شکل به وزن ۳ کیلوگرم استفاده شد که توسط چهار پیچ به بدنه‌ی الکتروموتور وصل شده و الکتروموتور را بصورت افقی نگه می‌داشت. وزن پایه باعث جلوگیری از لغزش و حرکت الکتروموتور در دورهای بالا می‌شد.

شکل ۲- الکتروموتور همراه با پایه وکاسه‌ی نسب شده

سرعت دورانی الکترموتور بر اساس فرکانس ورودی کالیبره شد. بدین منظوراز نمودار خطی شکل (۳) استفاده شد.

[17]. Acceleration time
[18]. Deceleration time
[19]. Timer

www.SID.ir



شکل۳- رابطه‌ی بین فرکانس و سرعت دورانی

معادله‌ی خط کالیبراسیون بصورت زیر بدست آمد:

$$n=۵۹/۹۷*f -۲/۴۰۹۹ \quad (۲)$$

که در آن n سرعت دورانی محور بر حسب دور بر دقیقه و f فرکانس بر حسب Hz می‌باشد. در طی انجام آزمایشات با جایگذاری سرعت مورد نظر در رابطه‌ی ۲ فرکانس مورد نظر بدست می‌آمد.

آماده سازی نمونه‌ها و انجام آزمایشات

نمونه‌ها از رقم متداول برنج منطقه‌ی شمال بنام هاشمی، به مقدار ۲۰ کیلوگرم که از یک مزرعه در منطقه‌ی آستارا برداشت شده بود، تهیه شد. به منظور تعیین محتوای رطوبتی اولیه‌ی نمونه‌ها، ۵ نمونه ۱۵ گرمی توده برنج به مدت ۲۴ ساعت در داخل اجاق آزمایشگاهی، با دمای ۱۰۳ درجه‌ی سلسیوس قرار داده شد و رطوبت اولیه‌ی نمونه ها برپایه ترتعیین شد(ASAE, 2001). میزان رطوبت اولیه‌ی نمونه‌ها با انحراف معیار ۰/۰۶ برابر با ۹ درصد بر پایه‌ی تر بدست آمد. از آنجا که آزمایشات به منظور تعیین میزان شکست دانه‌های سالم بود باید ابتدا، قبل از به رطوبت رسانی نمونه‌ها دانه‌های شکسته از نمونه‌ها جدا می شدند که این کار توسط الک و بصورت دستی انجام شد. رطوبت نمونه‌ها در چهار سطح ۹، ۱۰/۵، ۱۲و ۱۳/۵ تغییر داده شد. برای رطوبت رسانی نمونه‌ها به مقدار مناسب آب مقطر به دانه‌هادر داخل بطری‌های پلاستیکی سربسته اضافه شد و سپس بطری‌ها برای جلو گیری از فساد و جوانه زدن دانه هادر شرایط دمای ٤ درجه سیلسیوس به مدت ۷۲ ساعت نگهداری شدند. سپس مطابق با طرح آزمایش که بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی بود، نمونه‌های ۱۵ گرمی از بطری-ها خارج و تحت شرایط تیماری تحت آزمون گریز از مرکز قرار گرفتند.

نتایج و بحث

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس شاخص شکست (۵ تکرار)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
سرعت	٤	۱۰۷۳۲۳/٦۱۰**
رطوبت	۳	٦٤۳۰۰۰/۱۱٦**
سرعت در رطوبت	۱۲	٤۵۷٦/۷٦۱**
زمان	٤	٤۲۸۷/٦۱۹**
سرعت در زمان	۱٦	۱۲٦/۳۵٤**
رطوبت در زمان	۱۲	۷٦/۵۲۸**
سرعت در رطوبت در زمان	٤۸	۲۳۳/۱۰۹**

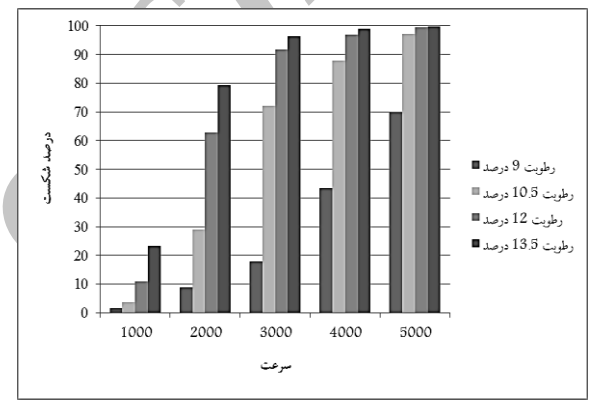
** در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مقادیر شاخص شکست، میزان انحراف معیار برابر با ٤/۸۹ درصد محاسبه شد، که عدد قابل قبولی بود و حاکی از پراکندگی پایین در داده‌های شاخص شکست تحت آزمایش گریز از مرکز بر روی نمونه‌های می‌باشد.این نتیجه از آن نظر که پراکندگی بالا یکی از مهمترین چالش‌های آزمون‌های مکانیکی در محصولات دانه‌ای است، بسیار حائز اهمیت بود. باید توجه کرد که حتی در مواد بسیار یکنواخت (همگن) نظیر مواد فلزی نیز به‌هنگام بارگذاری ضربه‌ای، پرکندگی شدیدا افزایش می‌یابد، زیرا طی این آزمون، بطور مشخص خصوصیات تردی ماده بروز می-کند(افکاری سیاح،۱۳۸۲؛ کالیستر، ۲۰۰۰). بر اساس نتایج بدست آمده به‌نظر می‌رسد مشکل پراکندگی داده-ها در آزمون‌هایی که بر روی توده دانه انجام می‌شود بطور قابل توجه‌ای کاهش پیدا می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

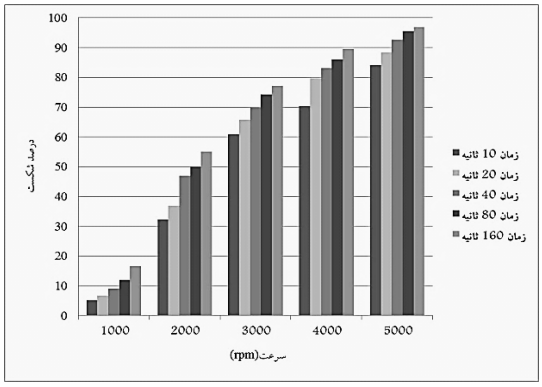
با افزایش سرعت دورانی اثر رطوبت بر شاخص شکست بطور معنی‌دار کاهش می‌یابد، بطوریکه می‌توان نتایج این پدیده را در شکل ٤ مشاهده نمود.این در حالی است که در سرعت‌های دورانی پایین اثر رطوبت بیشترین تاثیر خود را بروی شاخص شکست دارد. این یافته با یافته‌ی لی و کونز (۱۹۷۲)، که بیان می‌کنند، مقاومت مکانیکی دانه های برنج با کاهش رطوبت افزایش می‌یابد، در یک راستا قرار دارد. هرچه سرعت دورانی افزایش پیدا کند ضربات بیشتری در یک زمان مشخص، به توده وارد شده و باعث افزایش شکست توده می‌شود.



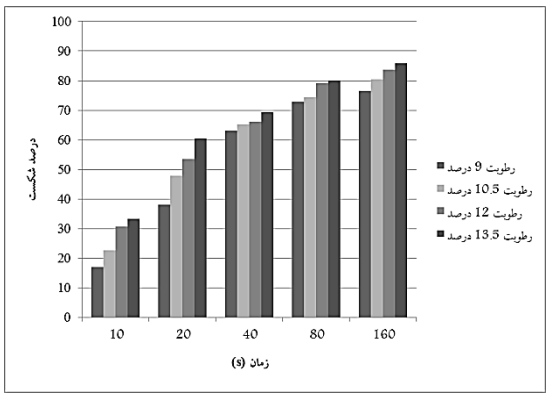
شکل ۴- بررسی اثرمتقابل سرعت دررطوبت برشاخص شکست

هرچه مدت زمان آزمون بیشتر شده ویا سرعت دورانی افزایش یابد تعداد ضربات وارده از طرف تیغه به توده افزایش می‌یابد. این دو عامل باعث انتقال انرژی بیشتر به دانه‌ها شده و عبور انرژی اعمالی از حد چقرمگی دانه باعث افزایش شکست دانه‌ها می‌شوند (شکل ٥).

اثر متقابل رطوبت و زمان بطور معنی‌داری سبب تغییر در درصد شکست می‌شود. این تغییر از ۱۷ درصد شروع شده و تا ۸۷ درصد ادامه می‌یابد. افزایش رطوبت با کاهش مقاومت مکانیکی و افزایش زمان با افزایش ضربات وارده به توده باعث افزایش شکست در توده می‌شوند (شکل ٦).



شکل ۵- بررسی اثرمتقابل سرعت در زمان بر شاخص شکست

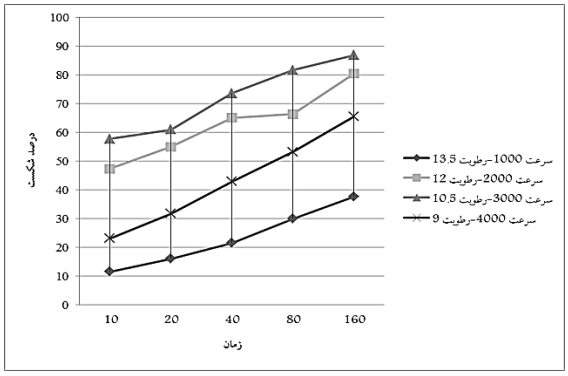


شکل ۶- بررسی اثرمتقابل رطوبت در زمان بر شاخص شکست

برای اینکه بتوان دو نمونه توده برنج را از لحاظ ویژگی‌های استحکامی توده بر اساس آزمون گریز از مرکز با هم مقایسه نمود، باید نتیجه آزمون در هر دو نمونه، بصورت درصد شکست، بین دو عدد ۰ تا ۱۰۰ درصد باشد تا امکان مقایسه عددی فراهم گردد. بنابراین ماهیت این نوع آزمون سبب می‌شود که از بین تیمارهای مختلف، تیمارهای با بیشترین پراکندگی در درصد شکست مناسب این نوع آزمون باشند. بیشترین سطح پراکندگی در میانگین‌ها مربوط به سرعت ۱۰۰۰دور بر دقیقه با رطوبت ۱۳/٥ درصد، سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه با رطوبت ۱۲ درصد، سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه با رطوبت ۱۰/٥ درصد و نیز سرعت ٤۰۰۰ دور بر دقیقه با رطوبت ۹ درصد بر پایه‌ی تر بود. بازه‌ی تغییرات در این سطوح در شکل ۷ آورده شده است.

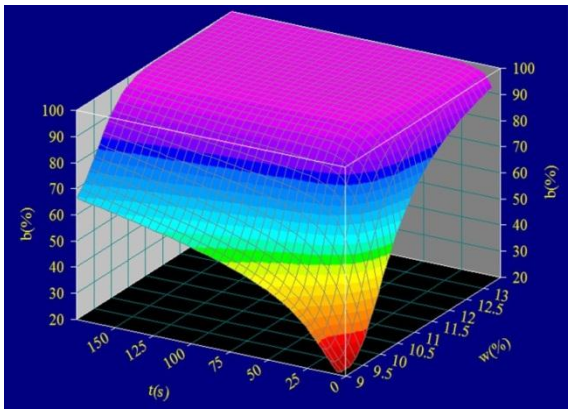
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷- بررسی سطوحی از سرعت و رطوبت که بیشترین اختلاف میانگین درآنها مشاهده شد

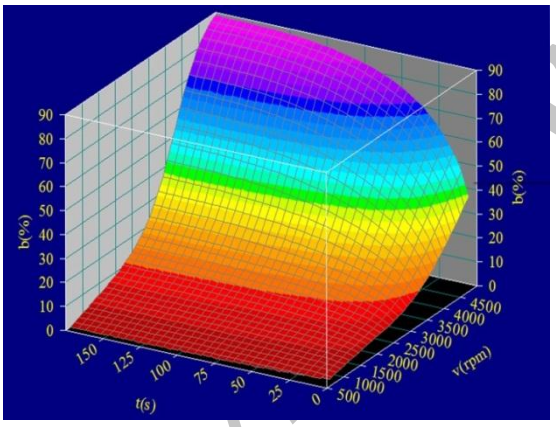
لذا با توجه به شکل ۷چهار شرایط تیماری ذکر شده مناسب ترین تیمارها برای نشان دادن شکست در اثر ترک‌های موجود در بافت دانه های برنج می‌باشند. در میان تیمارهای پیشنهاد شده سرعت ٤٠٠٠ دور بر دقیقه با رطوبت ۹ درصد بر پایه تر بصورت تقریبی خطی بوده و شامل شکست از ۲۳ درصد تا ٦٧ درصد می‌باشد. از آنجا که این بازه شامل شکست ۵۰ درصد، برای تعیین کیفیت توده‌ی برنج است نزدیکترین عدد این بازه به ۵۰ درصد شکست مدت زمان ۸۰ ثانیه می‌باشد. برای بررسی سرعت ٤٠٠٠ دور بر دقیقه در رطوبت و زمان‌های مختلف می‌توان از شکل(۸) استفاده کرد.



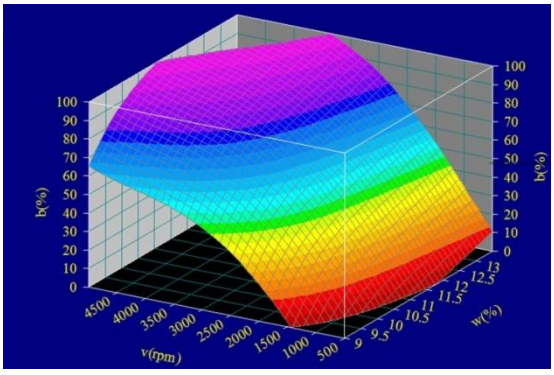
شکل ۸- بررسی اثرات رطوبت و زمان بر روی درصد شکست در سرعت دورانی ۴۰۰۰ دور بر دقیقه

شکل ۸ نشان می‌دهد که از رطوبت ۱۱ درصد به بالا شکست شدیدا افزایش می‌یابد و لذا رطوبت‌های بالاتر از ۱۱درصد برای اعمال سرعت ٤٠٠٠ دور بر دقیقه مناسب نمی‌باشد. بر اساس نتایج حاصله برای در نظر گرفتن بازه‌ای که درصد شکست ۵۰ درصد را به ما بدهد باید از سطوح رطوبتی ۹ الی ۱۰ درصد استفاده شود. مدت زمانی که بهترین درصد درمقایسه با ۵۰ درصد را شامل می‌شود (در بازه‌ی رطوبتی ۹ الی ۱۰ درصد) مدت زمان ۷۵ تا ۱۰۰ ثانیه می‌باشد. برای بررسی اثر متقابل سرعت و زمان بر درصد شکست در رطوبت ۹ درصد بر پایه‌ی تر می‌توان از شکل ۹ استفاده نمود.

بر اساس شکل ۹ بازه‌ای از صفحه که دارای شکست ۵۰ درصد می‌باشد دارای سرعت بین ۳۵۰۰ تا ٤٥٠٠ دور بر دقیقه میباشد. بهترین بازه‌ی زمانی در این سطح رطوبتی برای دست یابی به شکست ۵۰ درصد (در محدوده سرعت ۳۵۰۰ تا ٤٥٠٠ دور بر دقیقه) بین ۵۰ تا ۱۰۰ ثانیه می‌باشد.



شکل ۹- بررسی اثر زمان و سرعت بر روی درصد شکست در رطوبت ۹ درصد بر پایه‌ی تر



شکل ۱۰- بررسی اثر رطوبت و سرعت بر روی درصد شکست در زمان ۸۰ ثانیه

Archive of SID
www.SID.ir

همچنین باتوجه به شکل ۱۰ بهترین سرعت برای دست یابی به شکست ۵۰ درصد، سرعت ۳۵۰۰ تا ٤٥٠٠ دور بر دقیقه می‌باشد. در حالیکه، سرعت‌های کمتر از آن دارای شکست کمتر و دورهای بیشتر از آن دارای شکست بیشتر و تقریبا منجر به شکست تمام دانه‌ها خواهد شد. دومین عاملی که با کمک این شکل مورد بررسی قرار می‌گیرد درصد رطوبت بر پایه‌ی تر می‌باشد. از بررسی‌های انجام شده مشخص می‌شود که بهترین تیمار برای انجام آزمون گریز از مرکز بر روی برنج هاشمی با هدف تعیین شاخص شکست، سرعت دورانی ٤٠٠٠ دور بر دقیقه، رطوبت ۹ درصد بر پایه‌ی تر و مدت زمان ۸۰ ثانیه می‌باشد.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان مانند بسیاری از دانه های خوراکی برای تعیین قابلیت شکست دانه‌های برنج نیز از دستگاه آزمون گریز از مرکز (آسیاب اصلاح شده) استفاده نمود. مهمترین عوامل موثر در کنترل درصد شکست دانه‌ها عبارتند از رطوبت دانه، سرعت دورانی تیغه ها و مدت زمان آسیاب، درحالیکه 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 تک دانه‌های یک نمونه توده می‌باشد به نظر می‌رسد که سطح تنش اعمال شده به تک دانه ها، دامنه تنش اعمال شده و یکنواختی در اعمال این تنش در توده از مهمترین عواملی هستند که باید در دستگاه آزمون ضربه ای تحت کنترل قرار گیرند. بر این مبنا نتایج آزمایش فاکتوریل نشان داد که برای کنترل محدوده شکست در سطح ۵۰ درصد، بایدسه عامل سرعت دورانی، محتوای رطوبتی و مدت زمان آسیاب کنترل شوند، ضمن اینکه انجام تحقیقات بیشتر در دامنه گسترده‌تری از سرعت و مدت زمان بارگذاری و نیز در دیگر ارقام متداول برنج ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به موارد ذکر شده برای دستگاه مورد نظر کاربردی ترین وضعیت رطوبت ۹٪، سرعت ٤٠٠٠rpm و مدت زمان ۸۰ ثانیه بوده است.

منابع مورد استفاده

افکاری سیاح اح،دایی جواد م،راسخ م و عسکری ع. ۱۳۸۹.تعیین شاخص قابلیت شکست دانه‌های برنج با کمک دستگاه آزمون گریز از مرکز ضربه‌ای. خلاصه مقالات نوزدهمین کنگره ملی صنایع غذایی، دانشگاه تهران.

کرمانی ع م. ۱۳۸۵. تعیین خواص گسیختگی و ویسکوالاستیک دانه برنج در اثر دما و رطوبت. رساله دوره 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.

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

Askeland, D., (1990). The Science and Engineering of Materials. Chapman & Hall., 2nd Edn., London, UK, pp: 177-180.

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

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

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

Archive of SID

www.SID.ir

Miller, B S, JW Hughes, I Rousser, and Y Pomeranz, 1998. Standard method for measuring breakage susceptibility of shelled corn. Cearal Food World, 26: 75-80.

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

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

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

Archive of SID

www.SID.ir