مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۹/ شماره ٤/سال ۱۳۸۷/ص ٥٦-٤٥

بررسی اثر تغییر سرعت دورانی روتور سفیدکن سایشی افقی بر خصوصیات تبدیل دو رقم برنج در استان فارس

محمد شاکر*

* نگارنده مسئول، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، نشانی: فارس، زرقان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، ص. پ. ۱۱۱-۷۳۴۱۵، تلفن: ۴۲۲۲۴۳۲(۰۷۱۲)، پیام‌نگار: shaker@farsagres.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۱۲/۶؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۷/۱۳

چکیده

در این تحقیق، تأثیر سرعت دورانی روتور سفیدکن سایشی افقی بر خصوصیات تبدیل دو رقم برنج در استان فارس بررسی شده است. در این آزمایش، از طرح آماری کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار استفاده شد. رقم شلتوک در دو سطح آمل- ۳ و کامفیروزی به عنوان کرت اصلی و سرعت دورانی روتور سفیدکن سایشی در پنج سطح (۵۵۰، ٦۰۰، ٦۵۰، ۷۰۰، و ۷۵۰ دور در دقیقه) به عنوان کرت فرعی انتخاب و از آزمون چنددامنه‌ای دانکن جهت مقایسهٔ میانگین‌ها استفاده شد. در این بررسی، سرعت دورانی ٦۵۰ دور در دقیقه به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. در هر تیمار، فاکتورهای درصد شکستگی، درصد ترک، مقاومت شکست، و درجهٔ سفیدی دانه‌های برنج سفید شده اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد که اثر سرعت دورانی روتور، رقم شلتوک، و اثر متقابل آنها بر پارامترهای تبدیل معنی‌دار و سرعت دورانی مناسب روتور سفیدکن سایشی افقی برای برنج رقم کامفیروزی، ٦۰۰ دور در دقیقه و برای برنج رقم آمل- ۳، ٦۰۰ تا ٦۵۰ دور در دقیقه است. همچنین مشخص شد که شکستگی و درجهٔ سفیدی برنج رقم آمل- ۳، به‌ترتیب ۲۹/۸۲ درصد و ۳۲/۹٤، و در رقم کامفیروزی به‌ترتیب ۲۳/٤٦ درصد و ۲۹/٤۸ است. برنج رقم کامفیروزی از نظر درصد ترک و مقاومت به شکست به‌ترتیب ۱۳/۳۱ درصد و ۱۷/۲۲ کیلوگرم نیرو بیشتر از رقم آمل-۳ است.

واژه های کلیدی

برنج، ترک برنج، درجه سفیدی، دستگاه سفیدکن سایشی، سرعت دورانی، شکستگی برنج، مقاومت به شکست

مقدمه

برنج از غلات مهمی است که از دیرباز به عنوان کالایی استراتژیک و در زمرهٔ مهم‌ترین مواد غذایی بشر مورد توجه بوده و هست. به علت سیستم خاص حاکم بر روش‌های کاشت، داشت، برداشت، و بعد از برداشت برنج، تحقیقات و بررسی‌های وسیع‌تری برای افزایش تولید این محصول، کاهش سختی کار، و در نتیجه افزایش بهره‌وری مورد نیاز است. به منظور تبدیل شلتوک به برنج سفید شده، از دستگاه‌های پوست‌کن، پادیه یا جداساز، سفیدکن و صیقل‌دهنده استفاده می‌شود.

فارس در بین استان‌های کشور از نظر تولید شلتوک مقام سوم و از نظر سطح زیرکشت مقام چهارم را دارد (Anon, 2004). درخصوص ضایعات پس از برداشت در مرحلهٔ تبدیل شلتوک به برنج، در تحقیقی مشخص شد که در شهرستان مرودشت، شکستگی برنج رقم کامفیروزی حدود ۲۳ درصد است که برابر حدود ۴۳ هزار تن از برنج

© 2011,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تولیدی استان می‌شود (Shaker *et al.*, 1998). در استان فارس، ارقام مختلف شلتوک دانه متوسط و دانه بلند مورد استفاده قرار می‌گیرد از آنجا که خصوصیات فیزیکی این ارقام با هم متفاوت است لازم شد که عوامل مؤثر بر شکستگی در هر رقم بررسی و توصیه‌های لازم ارائه شود. در زمینهٔ عوامل مؤثر بر میزان شکستگی و ضایعات تبدیل برنج تحقیقات زیادی شده است که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

جهاندیده کوهی و همکاران (Jahandideh kuhi *et al.*, 1998) درتحقیقی به منظور بررسی کاهش ضایعات مرحلهٔ تبدیل، تفاوت معنی‌داری را در میزان درصد برنج سالم در رطوبت‌های مختلف ۱۱، ۱۲ و۱۳ درصد هنگام تبدیل به‌دست آوردند. بدین، معنی که رقم سفیدرود در رطوبت ۱۱ درصد و ارقام خزر و بینام در رطوبت ۱۲ درصد، بیشترین درصد برنج سالم و کمترین ضایعات را نشان دادند.

شاکر و همکاران (Shaker *et al.*, 1998) در تحقیقی در کارگاه‌های تبدیل برنج در شهرستان مرودشت استان فارس میزان شکستگی حاصل از ترکیبات مختلف دستگاه‌های تبدیل را بررسی و نتایج زیر را به‌دست آورند: ۱- وجود دستگاه پادیه (جداساز شلتوک از برنج قهوه‌ای که بعد از پوست‌کن قرار می‌گیرد)، ۸/۰۶ درصد از میزان شکستگی را کاهش می‌دهد که بدین ترتیب وجود پادیه در کارگاه تبدیل ضروری است، ۲- چنانچه از سفیدکن سایشی استفاده و در انتهای خط سفیدکن تیغه‌ای به‌کار برده شود، علاوه بر اینکه درصد شکستگی قابل قبول خواهد بود، برنج حاصل نیز بازارپسندی خوبی خواهد داشت.

پیمان و همکاران (Peiman *et al.*, 1999) به منظور تعیین مناسب‌ترین فاصله بین غلتک‌های پوست‌کن برای کاهش درصد دانه‌های شکسته در سه رقم برنج ایرانی (شامل بینام، خزر و سپیدرود) تحقیقی انجام دادند. آزمایش‌ها در محدودهٔ فاصلهٔ ۰/۲۵ تا ۱/۲۵ میلی‌متر بین دو غلتک با اختلاف ۰/۲ میلی‌متر نسبت به یکدیگر اجرا شد. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین فاصلهٔ پوست‌کنی برای ارقام خزر و سپیدرود ۰/۴۵ تا ۰/۶۵ میلی‌متر و برای رقم بینام ۰/۲۵ تا ۰/۶۵ میلی‌متر است.

شاکر و علیزاده (Shaker & Alizadeh, 2001) اثر رطوبت شلتوک رقم کامفیروزی را بر میزان شکستگی و بازده تبدیل برنج بررسی کردند و گزارش دادند که بیشترین مقدار شکستگی برنج (۲۶/۱ درصد) مربوط به شلتوک با رطوبت ۱۶ تا ۱۸ درصد و کمترین آن (۶/۱۵) مربوط به شلتوک با رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد است. ضمناً این دو تیمار از نظر آماری نیز با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. بنابراین، می‌توان گفت که از نظر درصد شکستگی برنج رقم کامفیروزی، بهتر است رطوبت شلتوک در زمان تبدیل در محدوده ۶ تا ۱۰ درصد باشد تا کمترین درصد شکستگی حاصل شود.

افضلی‌نیا و همکاران (Afzalinia *et al.*, 2004) ترکیبات مختلف دستگاه‌های تبدیل برنج را مقایسه و گزارش کردند که اولاً استفاده از پوست‌کن تیغه‌ای (استفاده از سفیدکن تیغه‌ای به‌جای پوست‌کن) به هیچ‌وجه پذیرفته نیست و باید از کاربرد آن درکارگاه‌ها جلوگیری شود. ثانیاً ترکیب استفاده از سه واحد سفیدکن سایشی به‌صورت سری همراه با سفیدکن تیغه‌ای مکمل، مناسب‌ترین ترکیب برای استفاده در کارگاه‌های تبدیل شلتوک به‌برنج است و از نظر اقتصادی نیز تیمار مذکور کمترین هزینه را دارد و مناسب‌ترین تیمار به حساب می‌آید.

علیزاده (Alizadeh, 2002) به منظور بهینه‌سازی ماشین‌های خط تبدیل شلتوک به برنج سفید و کاهش ضایعات، دو سیستم متداول در استان گیلان، یکی پوست‌کن غلتک لاستیکی و دیگری سفیدکن تیغه‌ای به‌جای پوست‌کن را مقایسه و اعلام کرد که با نصب

پوست‌کن‌های غلتک لاستیکی به‌جای سفیدکن تیغه‌ای در خط تبدیل کارخانه‌های شالیکوبی، بازده ماشین افزایش و درصد خرده برنج کاهش می‌یابد به‌طوری که افزایشی در حدود سه درصد را می‌توان در برنج سالم استحصالی انتظار داشت.

ماتیوس و همکاران (Matthews, *et al.*, 1970) در تحقیقی نتیجه گرفتند که شکستگی برنج بیشتر در اثر تنش‌های مکانیکی ایجاد شده در سیستم است نه تنش‌های گرمایی و رطوبتی و نیز اعلام کردند که قسمت اعظم شکستگی برنج در سیستم سفیدکن (۷۰ تا ۸۰ درصد) درهمان ۱۵ ثانیهٔ شروع سفیدکردن اتفاق می‌افتد.

ماتیوس و اسپادارو (Matthews & Spadaro, 1976) پس از بررسی اثر قطر دانه‌های شلتوک بر مقدار شکستگی در حین تبدیل دریافتند که دانه‌های باریک‌تر در برابر شکستگی آسیب پذیرترند.

کلمنت و سگوی (Clement & Seguy, 1994) فاکتورهای مؤثر بر کیفیت تبدیل برنج را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دانه‌های گرد در مقایسه با دانه‌های بلند نسبت به ترک‌خوردگی حساس‌ترند، درحالی‌که دانه‌های بلند و باریک مقاومت کمتری در برابر شکستگی در حین جداسازی و تبدیل از خود نشان می‌دهند. بنابراین، انتخاب ارقامی که حداقل حساسیت را نسبت به ترک‌دیدگی داشته باشند و تنظیم برنامه‌ای حساب شده در مورد کاشت و برداشت به موقع جهت کاهش تلفات حین تبدیل ضروری است.

فاروک و اسلام (Farouk & Islam, 1995) گزارش دادند که سرعت روتور سفیدکن سایشی درحین فرایند سفیدکردن، فاکتوری مؤثر در ایجاد ضایعات است به‌گونه‌ای که سرعت ۱۳۰۰ دور در دقیقه در مقایسه با ۱۵۰۰ دور در دقیقه، ضایعات را در حدود ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. این محققان همچنین اعلام کردند که در بیشتر تیمارها میزان شکستگی برنج با افزایش سرعت دستگاه سفیدکن افزایش و با طولانی‌تر کردن مدت سفید کردن کاهش می‌یابد.

هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر تغییر سرعت دورانی روتور سفیدکن سایشی افقی بر برخی از خصوصیات تبدیل (درصد شکستگی، درصد ترک، مقاومت به شکست، و درجه سفیدی) دو رقم برنج در استان فارس بود.

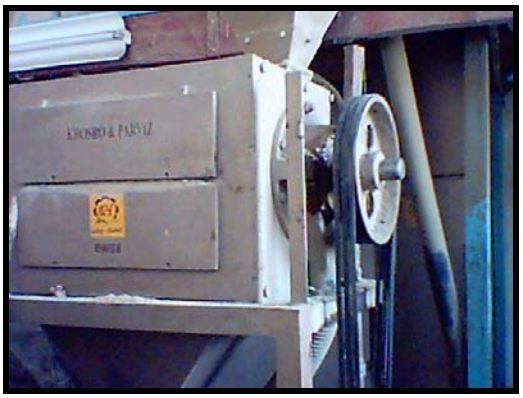
مواد و روش‌ها

این تحقیق در یکی از کارگاه‌های شالیکوبی جدید واقع در حومهٔ شهرستان مرودشت استان فارس اجرا شد. این کارگاه مجهز به‌دستگاه‌های غربال شلتوک، پوست‌کن غلتک لاستیکی، پادیه (جداساز) صندوقی، سفیدکن سایشی افقی (محور دستگاه که تعداد هشت سنگ سایشی روی آن نصب شده است، به‌صورت افقی می‌چرخد)، صیقل‌دهنده، و غربال بود.

در این آزمایش از طرح آماری کرت‌های خرد شده در پنج تکرار استفاده شد. رقم شلتوک در دو سطح آمل- ۳ (دانه بلند) و کامفیروزی (دانه متوسط) به عنوان کرت اصلی و سرعت دورانی روتور دستگاه سفیدکن سایشی در پنج سطح ۵۵۰، ۶۰۰، ۶۵۰، ۷۰۰، و ۷۵۰ دور در دقیقه به عنوان کرت فرعی انتخاب شد. از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. سرعت دورانی روتور ۶۵۰ دور در دقیقه، به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

بقیهٔ دستگاه‌های موجود در کارگاه در هر تیمار بدون تغییر مورد استفاده قرار گرفت. دریچه‌های ورودی و خروجی دستگاه سفیدکن متناسب با رقم شلتوک و میزان سفید شدن برنج یا بازارپسندی آن تنظیم و برای هر رقم شلتوک به‌هنگام آزمایش ثابت نگه داشته شد. این تنظیمات تجربی هستند و بر اساس برنج خروجی دستگاه و میزان بازارپسندی آن به‌دست اپراتور دستگاه انجام شد.

یک دستگاه الکتروموتور با قدرت ۴۰ اسب بخار به عنوان نیروی محرکه دستگاه سفیدکن سایشی به‌کار گرفته شد که در آن نیرو از طریق پولی و تسمه انتقال می‌یافت (شکل ۱). به منظور ایجاد سرعت‌های دورانی مختلف غیر از پولی موجود روی دستگاه الکتروموتور که سرعت ۶۵۰ دور در دقیقه را فراهم می‌کرد، چهار پولی دیگر با اندازه‌های لازم محاسبه و ساخته شد (شکل ۲). در هر تیمار، با تغییر پولی مربوط به دستگاه الکتروموتور و تنظیم آن، سرعت دورانی لازم جهت آزمایش به‌دست می‌آمد. از یک دستگاه دورسنج مدل Pantec DTM 30 ساخت کشور ژاپن جهت اندازه‌گیری سرعت دورانی استفاده شد (شکل ۳). محدوده اندازه‌گیری این دستگاه، ۶۰ تا ۳۰۰۰۰ دور در دقیقه و دقت آن ۱ ± دور در دقیقه است. در جدول ۱، مقادیر سرعت دورانی دستگاه سفیدکن سایشی و الکتروموتور و قطر پولی‌ها در حین آزمایش ارائه شده است.



شکل ۱ – دستگاه سفیدکن سایشی افقی

شکل ۲ – پولی‌های دستگاه الکتروموتور

جدول ۱- سرعت دورانی دستگاه سفیدکن سایشی و الکتروموتور و قطر پولی‌های مربوطه

تیمار (دور در دقیقه)	سرعت دورانی دستگاه سفیدکن سایشی (دور در دقیقه)	قطر پولی دستگاه سفیدکن (سانتی‌متر)	سرعت دورانی دستگاه الکتروموتور (دور در دقیقه)	قطرپولی دستگاه الکتروموتور (سانتی‌متر)
۶۵۰*	۶۵۴	۴۴/۴	۱۵۰۰	۱۹/۸
۶۰۰	۶۰۳	۴۴/۴	۱۵۰۰	۱۸
۵۵۰	۵۶۳	۴۴/۴	۱۵۰۰	۱۶/۵
۷۰۰	۷۰۹	۴۴/۴	۱۵۰۰	۲۰/۷
۷۵۰	۷۶۳	۴۴/۴	۱۵۰۰	۲۲/۵

* سرعت موجود روتور سفیدکن سایشی

در تمام تیمارها از شلتوک رقم کامفیروزی و رقم آمل- ۳ به‌ترتیب با رطوبت ۶/۵ و ۸/۶ درصد بر مبنای تر استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری رطوبت شلتوک، از دستگاه رطوبت‌سنج ساخت ایران مدل رسا ۳۰۰۰ با محدودهٔ اندازه‌گیری رطوبت ۵۰ درصد و دقت اندازه‌گیری ۰/۱ درصد استفاده شد (شکل ۴). در هر تیمار پس از تنظیم سرعت دورانی دستگاه سفیدکن، آزمایش‌ها روی دو رقم شلتوک فوق آغاز و برای هر تیمار ۳۰۰ کیلوگرم شلتوک وارد سیستم تبدیل می‌شد که در مجموع از هر رقم شلتوک، ۱۵۰۰ کیلوگرم استفاده گردید. مشخصات فیزیکی

دو رقم شلتوک آمل- ۳ و کامفیروزی شامل طول، عرض، و ضخامت به‌ترتیب بر حسب میلی‌متر به‌شرح زیر است:

آمل-۳: ۶/۹۵ ، ۲، و ۱/۷۹

کامفیروزی: ۵/۸۹، ۲/۳۷، و ۱/۷۹.

در هر تیمار با نمونه‌گیری از خروجی دستگاه صیقل‌دهنده فاکتورهای زیر اندازه‌گیری شد.

درصد شکستگی دانه‌های برنج

برای اندازه‌گیری این فاکتور از خروجی صیقل‌دهنده در پنج تکرار، نمونه‌های ۱۰۰ گرمی گرفته شد و برنج‌های سالم و شکسته آن به دقت از یکدیگر تفکیک گردید. دانه‌هایی که اندازهٔ طول آنها از سه چهارم دانهٔ کامل کوچک‌تر بود، دانه‌های شکسته در نظر گرفته شد (Farouk & Islam, 1995). پس از تفکیک دانه‌های سالم و شکسته، با استفاده از رابطهٔ ۱ درصد شکستگی برنج محاسبه شد.

$$\text{درصد شکستگی برنج} = \frac{\text{وزن برنج شکسته}}{\text{مجموع وزن برنج سالم و شکسته}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

شکل ۳- دستگاه دورسنج

شکل ٤- دستگاه رطوبت‌سنج دانه

درصد ترک دانه‌های برنج

برای تعیین درصد ترک دانه‌های برنج، از هر نمونهٔ استحصالی برنج سفید در پنج تکرار، ۵۰ دانهٔ سالم را به‌طور تصادفی انتخاب و روی دستگاه ترک‌بین (شکل ۵) قرار دادیم. با روشن‌شدن دستگاه و تابش نور از زیر، دانه‌های ترک‌دار مشخص و تعدادشان ثبت و از رابطهٔ ۲ درصد آنها محاسبه شد (Peiman *et al.*, 1999).

$$\text{درصد دانه‌های ترک‌دار} = \text{تعداد دانه‌های ترک‌دار} \times ۲ \qquad (۲)$$

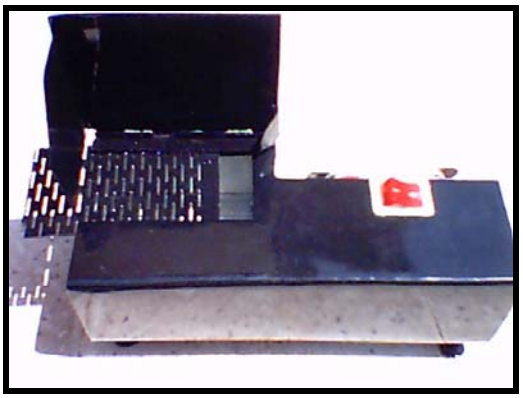
مقاومت به شکست دانه‌های برنج

برای اندازه‌گیری این پارامتر، از دستگاه مقاومت‌سنج ساخت ایران با ظرفیت ۲۵ کیلوگرم نیرو و دقت ۱۰۰ گرم استفاده شد (شکل ۶). بدین‌صورت‌که در هر تیمار از نمونهٔ ۱۰۰ گرمی برنج سفیدشده، ۱۰ دانهٔ برنج سفید سالم، جداگانه روی صفحهٔ استقرار دستگاه قرار داده شد. با چرخاندن پیچ فشار، بار عمودی از طریق محور فشار بر دانه وارد می‌گردید. واردکردن فشار تا اندازه‌ای ادامه پیدا می‌کرد که در یک نقطه، دانهٔ برنج می‌شکست و عقربهٔ نیروسنج به عقب باز می‌گشت. عقربهٔ دوم دستگاه (عقربهٔ متحرک) که

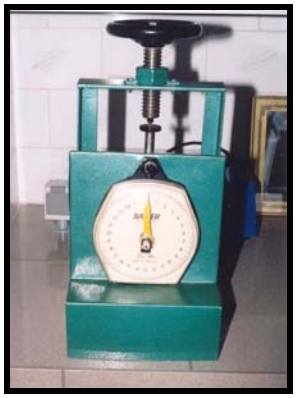
بـه وسـیلهٔ عقربـهٔ اول بـه گـردش درآمـده و در نقطـهٔ شکست دانه ثابت مانده بود مقاومت به شکست را بـر حـسب کیلوگرم نیرو نشان می‌داد. در هر نمونه، میانگین مقاومت به شکست همهٔ ده عدد دانهٔ برنج مقاومت به شکست آن نمونـه محسوب می‌شد (Peiman *et al*., 1999).

درجهٔ سفیدی دانه‌های برنج

درجـهٔ سـفیدی، گویـای بازارپـسندی بـرنج اسـت به‌نحوی‌که با افزایش آن در حدی معین، بازارپسندی بـرنج نیز بالا می‌رود. برای اندازه‌گیری ایـن فـاکتور، از دسـتگاه سفیدی‌سنج استفاده شد. اصول کار این دستگاه بر اساس تابش نور و انعکاس آن است. در ابتـدای هـر آزمـایش، بـا وارد کردن قطعهٔ مخصوص کالیبره‌کـردن دسـتگاه صـفحه نمایـشگر آن، عـدد ثابـت ۸۷/۶ را نـشان داد کـه شـاخص تنظیم دستگاه است. با این کار دستگاه آماده تنظیم شـد. پس از کالیبراسیون دسـتگاه، نمونـه‌هـای بـرنج در ظـرف مخصوص دستگاه ریختـه شـد تـا صـفحهٔ نمایـشگر، عـدد معرف درجهٔ سـفیدی بـرنج را نمایـان سـازد. نمونـه‌هـا از دستگاه خارج و بار دیگر به آن وارد شـد تـا عـدد دیگـری نشان داده شود. این عمل تا پنج مرتبه تکرار شـد و آنگـاه دکمه میانگین دستگاه فشار داده شـد تـا میـانگین اعـداد ثبت شده در حافظهٔ دستگاه، محاسبه و در صفحهٔ نمایشگر مشاهده شود که این عـدد، درجـهٔ سـفیدی نمونـه اسـت (Rabet *et al*., 2004).



شکل ٥- دستگاه ترک‌بین (ساخت ایران)



شکل ٦- دستگاه مقاومت‌سنج

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس مقادیر درصـد شکـستگی، درصـد ترک، مقاومت به شکست، و درجهٔ سفیدی دانه‌های بـرنج در جدول ۲ ارائه شده است. نتـایج نـشان مـی‌دهـد کـه بـین مقادیر شکستگی با اثر رقم شلتوک، سـرعت دورانـی روتـور دستگاه سفیدکن، و با اثر متقابل آنها در سطح احتمال یـک درصـد بین مقادیرشان اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اثر متقابل رقم شـلتوک و سرعت دورانی در سطح احتمال ۵ درصد بر درصـد تـرک معنی‌دار است. از نظـر فاکتورهـای مقاومـت بـه شکـست و درجهٔ سفیدی نیز با اثر رقم شلتوک، سرعت دورانی دسـتگاه سفیدکن، و با اثر متقابل آنها در سطح احتمـال یـک درصـد بین مقادیرشان اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۲- نتایج تجزیهٔ واریانس مقادیر درصد شکستگی، درصد ترک، مقاومت به شکست، و درجهٔ سفیدی دانه‌های برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد شکستگی	درصد ترک	مقاومت شکست	درجهٔ سفیدی
تکرار	۴	۰/۷۷۷	۱۲۳/۹۷۷	۲۱/۶۷۶	۰/۸۸۵
رقم شلتوک	۱	۴۰۴/۴۹۶**	۱۷۷۱/۵۶۱	۲۹۶۷/۰۰۶**	۱۱۹/۷۱۶**
خطای آزمایش	۴	۱/۲۹۳	۲۷۴/۲۱۷	۲۷/۵۹۹	۲/۲۸۲
سرعت دورانی دستگاه سفیدکن	۳	۲۰۱/۹۵۹**	۱۵۲/۴۸۳ns	۳۳۴/۲۹۷**	۱۲۸/۸۱۷**
رقم شلتوک × سرعت دورانی دستگاه سفیدکن	۳	۱۳۶/۷۰۸**	۲۹۸/۰۳۸*	۲۵۸/۳۸۷**	۵۳/۷۰۳**
خطای آزمایش	۲۴	۰/۴۹۹	۹۰/۴۶۱	۳۲/۸۸۴	۱/۴۳۸

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns: نبود اختلاف معنی‌دار

مقایسهٔ میانگین‌های درصد شکستگی، ترک، مقاومت به شکست، و درجهٔ سفیدی با اثر سرعت دورانی دستگاه سفیدکن ارائه شده در جدول ۳ بیانگر آن است که بین سرعت دورانی دستگاه سفیدکن و شکستگی دانه‌های برنج رابطهٔ مستقیم وجود دارد بدین معنی که با افزایش سرعت دورانی، درصد شکستگی نیز افزایش می‌یابد. بیشترین درصد شکستگی (۳۱/۳۹ درصد) در سرعت ۷۰۰ دور در دقیقه و کمترین آن (۲۰/۶۱ درصد) در سرعت ۵۵۰ دور در دقیقه دیده می‌شود که از نظر آماری در دو گروه مختلف قرار دارند.

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین‌های پارامترهای مورد اندازه‌گیری روی دانه‌های برنج؛ در اثر سرعت دورانی دستگاه سفیدکن

سرعت دورانی دستگاه سفیدکن (دور در دقیقه)	شکستگی (درصد)	ترک (درصد)	مقاومت شکستگی (کیلوگرم نیرو)	درجهٔ سفیدی
۵۵۰	۲۰/۶۱D	۴۳/۰۱A	۵۳/۰۹B	۲۶/۰۸C
۶۰۰	۲۷/۹۳B	۴۲/۳۲A	۶۶/۸۴A	۳۳/۷۴A
۶۵۰	۲۶/۶۳C	۴۸/۶۸A	۵۸/۲۹B	۳۱/۳۶B
۷۰۰	۳۱/۳۹A	۵۰/۰۱A	۵۷/۱۳B	۳۳/۶۴A

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

در مورد درصد ترک دانه‌های برنج اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های این فاکتور در اثر سرعت دورانی دستگاه سفیدکن وجود ندارد، بیشترین مقاومت به شکست در سرعت دورانی ۶۰۰ دور در دقیقه با ۶۶/۸۴ کیلوگرم نیرو و کمترین آن در سرعت ۵۵۰ دور در دقیقه با ۵۳/۰۹ کیلوگرم نیرو وجود دارد که اختلاف با سه تیمار دیگر معنی‌دار نیست. از نظر درجهٔ سفیدی دانه‌های برنج، بالاترین درجه در سرعت دورانی ۶۰۰ دور در دقیقه با ۳۳/۷۴ حاصل شد که با درجهٔ سفیدی به‌دست آمده در سرعت دورانی ۷۰۰ دور در دقیقه در یک گروه قرار دارند و کمترین درجهٔ سفیدی در سرعت دورانی ۵۵۰ دور در دقیقه با ۲۶/۰۸ دیده می‌شود.

مقایسهٔ میانگین‌های فاکتورهای اندازه‌گیری شده روی دانه‌های برنج با اثر رقم شلتوک در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که شکستگی دانه‌های برنج رقم کامفیروزی با ۲۳/۴۶ درصد به‌طور معنی‌داری کمتر از رقم آمل-۳ با ۲۹/۸۲ درصد است. درصد ترک و مقاومت به شکست دانه‌های برنج رقم آمل-۳ به‌صورت

معنی‌دار کمتر از رقم کامفیروزی است و نیز درجهٔ سفیدی برنج رقم آمل-۳ با عدد ۳۲/۹۴ به‌طور معنی‌داری بیش از برنج رقم کامفیروزی با عدد ۲۹/۴۸ است.

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین‌های فاکتورهای اندازه گیری شده روی دانه‌های برنج با اثر رقم شلتوک

رقم شلتوک	شکستگی (درصد)	ترک (درصد)	مقاومت به شکست (کیلوگرم نیرو)	درجهٔ سفیدی
آمل -۳	۲۹/۸۲A	۳۹/۳۵B	۵۰/۲۳B	۳۲/۹۴A
کامفیروزی	۲۳/۴۶B	۵۲/۶۶A	۶۷/۴۵A	۲۹/۴۸B

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

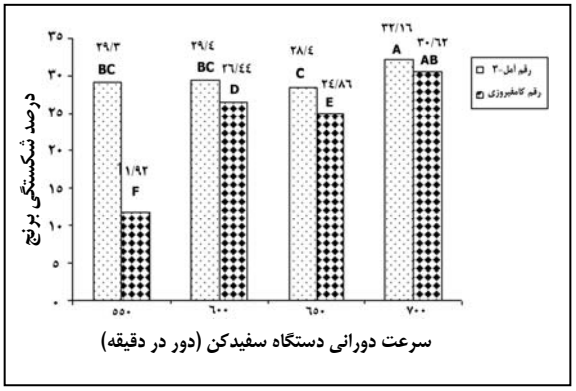
در شکل ۷، مقایسهٔ میانگین‌های درصد شکستگی دانه‌های برنج با اثر متقابل سرعت دورانی دستگاه سفیدکن و رقم شلتوک ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که در رقم آمل-۳ بیشترین و کمترین مقدار درصد شکستگی به ترتیب در سرعت‌های ۷۰۰ و ۶۵۰ دور در دقیقه ۳۲/۱۶ و ۲۸/۴ درصد و از نظر آماری اختلاف آنها معنی‌دار است. همچنین مشخص شد که درصد شکستگی در سرعت‌های ۵۵۰، ۶۰۰، و ۶۵۰ دور در دقیقه در یک گروه قرار دارند. در رقم کامفیروزی، بیشترین درصد شکستگی دانه‌های برنج در سرعت ۷۰۰ دور در دقیقه با ۳۰/۶۲ درصد و کمترین آن در سرعت ۵۵۰ دور در دقیقه با ۱۱/۹۲ درصد است که از نظر آماری نیز بین آنها اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

مقایسهٔ میانگین‌های درصد ترک دانه‌های برنج با اثر متقابل سرعت دورانی دستگاه سفیدکن و رقم شلتوک ارائه شده در شکل ۸ بیانگر آن است که در رقم آمل-۳ اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های درصد ترک در سرعت‌های مورد ارزیابی وجود ندارد. در رقم کامفیروزی، بیشترین مقدار ترک در سرعت ۶۵۰ دور در دقیقه با ۶۲ درصد و کمترین مقدار ترک در سرعت ۶۰۰ دور در دقیقه با ۴۳/۳۲ درصد وجود دارد که البته با سرعت‌های ۵۵۰ و ۷۰۰ دور در دقیقه اختلاف معنی‌داری ندارند.

مقایسهٔ میانگین‌های مقاومت شکست دانه‌های برنج با اثر متقابل سرعت دورانی دستگاه سفیدکن و رقم شلتوک ارائه شده در شکل ۹ نشان می‌دهد که در رقم آمل-۳ کمترین مقدار مقاومت به شکست در سرعت دورانی ۷۰۰ دور دقیقه با ۴۲/۹۶ کیلوگرم نیرو و بیشترین مقدار آن در سرعت دورانی ۶۰۰ دور در دقیقه با ۵۵/۱۸ کیلوگرم نیرو است که البته با سرعت‌های ۵۵۰ و ۶۵۰ دور در دقیقه اختلاف معنی‌داری ندارند.

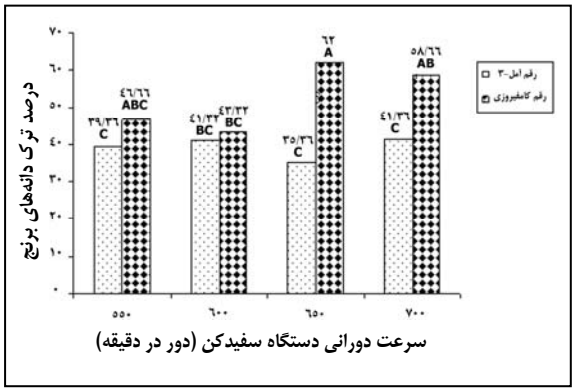
در رقم کامفیروزی، بیشترین مقدار مقاومت به شکست در سرعت دورانی ۶۰۰ دور در دقیقه با ۷۸/۵ کیلوگرم نیرو و کمترین مقدار آن در سرعت دورانی ۵۵۰ دور در دقیقه با ۵۷/۸ کیلوگرم نیرو به‌دست آمده است.

در شکل ۱۰، مقایسهٔ میانگین‌های درجهٔ سفیدی دانه‌های برنج با اثر متقابل سرعت دورانی دستگاه سفیدکن و رقم شلتوک نشان می‌دهد که در رقم آمل-۳ بیشترین درجهٔ سفیدی در سرعت دورانی ۷۰۰ دور در دقیقه با ۳۴/۳ حاصل می‌آید که البته با سرعت‌های ۶۰۰ و ۶۵۰ دور در دقیقه اختلاف معنی‌داری ندارد و کمترین مقدار آن در سرعت دورانی ۵۵۰ دور در دقیقه با ۳۰/۸۴ دیده می‌شود. در رقم کامفیروزی، بیشترین درجهٔ سفیدی در سرعت دورانی ۶۰۰ دور در دقیقه با ۳۴/۳۸ و کمترین آن در سرعت دورانی ۵۵۰ دور در دقیقه با ۲۱/۳۲ به‌وجود آمده است.



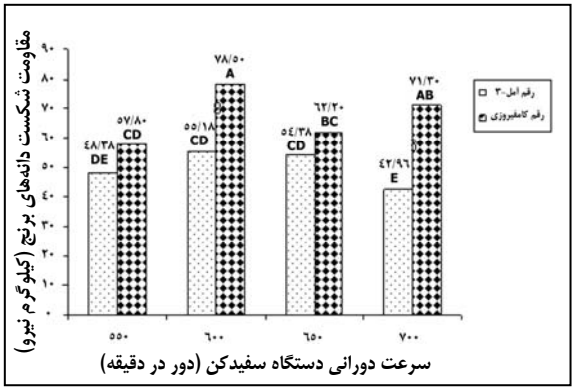
شکل ۷- مقایسهٔ میانگین‌های درصد شکستگی دانه‌های برنج با اثر متقابل سرعت دورانی دستگاه سفیدکن و رقم شلتوک

(میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

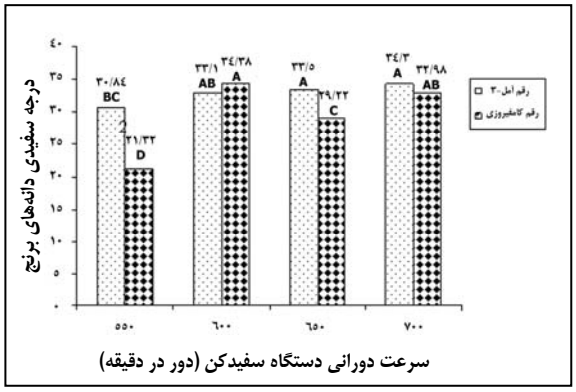


شکل ۸- مقایسهٔ میانگین‌های درصد ترک دانه‌های برنج با اثر متقابل سرعت دورانی دستگاه سفیدکن و رقم شلتوک

(میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).



شکل ۹- مقایسهٔ میانگین‌های مقاومت به شکست دانه‌های برنج با اثر متقابل سرعت دورانی دستگاه سفیدکن و رقم شلتوک



شکل ۱۰- مقایسهٔ میانگین‌های درجهٔ سفیدی دانه‌های برنج با اثر متقابل سرعت دورانی دستگاه سفیدکن و رقم شلتوک

(در شکل‌های ۹ و ۱۰ میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که دستگاه سفیدکن در سرعت دورانی ۵۵۰ دور در دقیقه قادر به سفیدکردن برنج رقم کامفیروزی نیست. در شروع کار تسمه‌های دستگاه داغ شدند و از آنها دود متصاعد و به ناچار دستگاه خاموش شد. به‌نظر می‌رسد سرعت دورانی دستگاه کمتر از حد لازم بود، و دستگاه سفیدکن توان کافی برای انجام دادن کار نداشت. در این حالت، کم کردن دریچهٔ ورودی (دریچه ورودی برنج به‌دستگاه سفیدکن) نیز تغییری در شرایط کاری دستگاه نداد. بنابراین، در سرعت ۵۵۰ دور در دقیقه فقط در ابتدای آزمایش از خروجی دستگاه سفیدکن جهت اندازه‌گیری درصد شکستگی، درصد ترک، مقاومت شکست، و درجهٔ سفیدی برنج نمونه‌برداری شد.

دستگاه سفیدکن در سرعت دورانی ۵۵۰ دور در دقیقه با تنظیم دریچه‌های ورودی و خروجی آن قادر به سفید کردن برنج رقم آمل- ۳ بود و مشکلی برای دستگاه ایجاد نشد. به نظر می‌رسد چون مقاومت به شکست برنج رقم آمل- ۳ کمتر از رقم کامفیروزی است در سرعت دورانی فوق، دستگاه قادر به سفیدکردن برنج رقم آمل- ۳

بوده است. لازم است در این مورد تحقیقات بیشتری شود تا ارتباط مقاومت به شکست دانه و سرعت دورانی دستگاه روشن شود.

در سرعت دورانی ۷۵۰ دور در دقیقه، دستگاه سفیدکن در مورد هر دو رقم شلتوک مورد ارزیابی قادر به انجام دادن کار نبود. به‌طوری‌که پس از چهار دقیقه آزمایش، دوبار پولی دستگاه متوقف و این تیمار در هر دو رقم شلتوک حذف شد. به‌نظر می‌رسد در اثر سرعت دورانی زیاد، مارپیچ قسمت ورودی دستگاه سفیدکن (که وظیفهٔ تغذیه و انتقال برنج قهوه‌ای را به سنگ‌های سایشی دستگاه به عهده دارد) حجم زیادی از برنج را منتقل کرده و لذا دستگاه تحت فشار زیاد قادر به کار نبوده است.

با توجه به مطالب فوق، درخصوص فاکتورهای اندازه‌گیری شده، موارد زیر قابل ذکر است. موضوع شکستگی دانه‌های برنج، نتایج نشان می‌دهد که مقدار شکستگی برنج رقم آمل- ۳، ۶/۳۶ درصد بیشتر از رقم کامفیروزی است. با توجه به کمتر بودن مقاومت به شکست برنج رقم آمل- ۳ نسبت به کامفیروزی و اینکه طول دانهٔ آن بلندتر از رقم کامفیروزی است، این موضوع دور از انتظار نیست. افزایش سرعت دورانی دستگاه، باعث افزایش درصد شکستگی شده است که به‌نظر می‌رسد افزایش نیروی گریز از مرکز حاصل از افزایش سرعت و ضربات وارد بر دانه‌های برنج، عامل این موضوع باشند.

درخصوص ترک دانه‌های برنج، نتایج نشان می‌دهد که میزان ترک برنج رقم کامفیروزی، ۱۳/۳۱ درصد بیشتر از رقم آمل-۳ است. به نظر می‌رسد چون مقاومت به شکست دانه‌های برنج رقم کامفیروزی بیشتر از رقم آمل-۳ است، در زمان سفید شدن اصطکاک بیشتری ایجاد می‌شود و در نتیجه دانه‌های برنج گرم‌تر می‌شوند که بر اثر این گرما ترک‌ها یا بندهای بیشتری روی دانهٔ برنج ایجاد خواهد شد.

با توجه به شکل‌های ۷ تا ۱۰ و نتایج حاصل، می‌توان گفت که برای تبدیل شلتوک رقم آمل-۳، مناسب‌ترین سرعت دورانی دستگاه سفیدکن ۶۰۰ تا ۶۵۰ دور در دقیقه است زیرا در این محدوده بیشترین مقاومت شکست و درجهٔ سفیدی برنج وجود دارد و درصد شکستگی نیز تا حدی قابل قبول است. در مورد شلتوک رقم کامفیروزی می‌توان سرعت دورانی ۶۰۰ دور در دقیقه را انتخاب کرد زیرا کمترین درصد ترک، بیشترین مقاومت به شکست، و بیشترین درجهٔ سفیدی برنج در این سرعت دیده می‌شود؛ درصد شکستگی دانه‌ها نیز تا حدودی مناسب است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، موارد زیر قابل ذکرند:

- نتایج نشان می‌دهد که شکستگی برنج رقم آمل- ۳، ۶/۳۶ درصد بیشتر از رقم کامفیروزی است.
- درخصوص درصد ترک دانه‌ای، مشخص شد که ایجاد ترک در برنج رقم کامفیروزی، ۱۳/۳۱ درصد بیشتر از رقم آمل-۳ است.
- مناسب‌ترین سرعت دورانی دستگاه سفیدکن سایشی افقی برای تبدیل شلتوک رقم آمل-۳، برابر ۶۰۰ تا ۶۵۰ دور در دقیقه است زیرا در این محدوده بیشترین مقاومت به شکست و درجهٔ سفیدی برنج وجود دارد و شکستگی نیز تا حدودی مناسب است.
- در موضوع شلتوک رقم کامفیروزی، سرعت دورانی ۶۰۰ دور در دقیقه مناسب است زیرا کمترین درصد ترک، بیشترین مقاومت به شکست و درجهٔ سفیدی برنج در این سرعت دیده می‌شود و شکستگی دانه نیز تا حدودی مناسب است.

قدردانی

از همکاری‌های بی‌دریغ مسئولان شرکت خسرو- پرویز (طراح و سازنده دستگاه‌های کارخانجات شالیکوبی) و کارگاه شالیکوبی مدرن جهت اجرای این تحقیق، قدردانی می‌شود.

مراجع

Afzalinia, S., Shaker, M. and Zare, E. 2004. Comparison of different rice milling methods. Canadian Biosys. Eng. 46(3): 63-66.

Alizadeh, M. 2002. Evaluation of milling different systems losses in paddy milling factories of Gilan province. Research Report No. 230.81. Rice Research Institute of Iran. (in Farsi)

Anon. 2004. Statistics book of agriculture. Information and Technology Office. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Issue No. 83/06. (in Farsi)

Clement, G. and Seguy, Jl. 1994. Behaviour of rice during processing. Agriculture Development. 3, 38-46.

Farouk, S. M. and Islam, M. N. 1995. Effect of parboiling and milling parameters on breakage of rice grains. AMA. 26(4): 33-38.

Jahandideh kuhi, H., Mirnezami Ziabari, H., Honarnezhad, R. and Azizi, M. 1998. Evaluation of losses decrease in process of paddy milling to white rice. J. Agric. Sci. 29(2): 423- 433. (in Farsi)

Matthews, J. and Spadaro, J. J. 1976. Breakage of longgrain rice in relation to kernel thickness. Cereal Chem. 53, 13-19.

Matthews, J., Abadie, T. J., Deobald, H. J. and Freeman, C. C. 1970. Relation between head rice yields and defective kernels in rough rice. Rice. J. 73(10): 6-12.

Peiman, M., Tavakoli, T. and Minaee, S. 1999. Determination of proper clearance between the rolls in the rubber roll husker for milling of three common rice varieties in Gilan province. Islamic Azad University. J. Agric. Sci. 5(20): 37- 48. (in Farsi)

Shaker, M. and Alizadeh, M. R. 2001. Effect of paddy moisture Content on rice breakage and milling yield. Research Report No. 257. Agricultural Engineering Research Institute. Iran. (in Farsi)

Shaker, M., Afzalinia, S. and Jamshidi, A. 1998. Evaluation of rice breakage at milling firms in Marvdasht korbal area. J. Agric. Eng. Res. 11, 46-71. (in Farsi)

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.9/No.4/2009/P: 45-56*

Effect of Speed Variations in Abrasive Rice Whitening on Milling Properties of Two Varieties of Rice in Fars Province

M. Shaker[*]

[*] Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 73415-111, Zarghan, Fars. Iran. E-mail: shaker@farsagres.ir

In this study, the effect of the speed of the mill-rotor during the whitening process was evaluated for the milling properties of two varieties of rice in Fars province. A split plot design with five replications and the Duncan test were used for statistical analysis. Two varieties of paddy rice, Amol-3 and Kamfiruzi, and five mill-rotor speeds, 550, 600, 650, 700 and 750 rpm, were selected as main plot and sub-plot, respectively. The samples were milled at different speeds and the milling-output parameters of percentage of breakage and cracking, break strength and whiteness degree of rice kernels was measured. The results showed that the speeds of 600 and 600-650 rpm are the most proper mill-rotor speeds for the Kamfiruzi and Amol-3 varieties, respectively. Furthermore, the percentage of breakage and degree whiteness of the Amol-3 rice was 6.36% and 3.46%, respectively, more than for the Kamfiruzi variety. The percentage of cracking and break strength were 13.31% and 17.22 kgf more in the Kamfiruzi variety compared to the Amol-3 variety.

Key Word: Abrasive Rice Whitening, Break Strength, Crack, Rice, Rice Breakage, Speed, Whiteness Degree