مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۸ / شماره ۱/بهار ۱۳۸۶ / ص ۱۵۰-۱۳۷

تاثیر دور توپی و موقعیت تیغه بر کیفیت برنج در سفیدکن تیغه‌ای بهینه‌شده

محسن حیدری سلطان‌آبادی *

* عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، نشانی: اصفهان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ص. پ. ۱۹۹-۸۱۷۸۵، تلفن: ۷۷۶۰۰۶۱ (۰۳۱۱)، پیام نگار: m_heisol@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۳/۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۰/۲۳

چکیده

به منظور کاهش شکستگی و ضایعات برنج، توپی سفیدکن تیغه‌ای برنج به ماریچ انتقال مجهز شد. آزمایش‌های اولیه نشان داد، استفاده از این توپی می‌تواند شکستگی برنج را در حدود ۲/۵ درصد کاهش دهد. برای تکمیل طرح فوق و بررسی تاثیر عواملی نظیر سرعت توپی و موقعیت تیغه بر کیفیت برنج سفیدشده، آزمایشی در قالب فاکتوریل بر پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار روی برنج رقم سازندگی اصفهان اجرا شد که در آن اثر سرعت توپی در پنج سطح ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ دور بر دقیقه و موقعیت تیغه در سه سطح: ۱- فاصلهٔ تیغه از ابتدای توپی ۷ میلی‌متر و از انتهای آن ۹ میلی‌متر، ۲- فاصلهٔ تیغه از ابتدا و انتهای توپی ۸ میلی‌متر و ۳- فاصلهٔ تیغه از ابتدای توپی ۹ میلی‌متر و از انتهای آن ۷ میلی‌متر بر کیفیت برنج سفیدشده ارزیابی شد. در هر تیمار درصد شکستگی برنج، درصد برنج سفید سالم و درجهٔ سفیدشدگی اندازه‌گیری و شاخص کارایی سفیدکن محاسبه گردید. نتایج نشان داد اثر سرعت توپی در سطح احتمال ۵ درصد بر شکستگی و برنج سفید سالم معنی‌دار است و نیز موقعیت تیغه در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سرعت توپی و موقعیت تیغه بر درجهٔ سفیدشدگی و شاخص کارایی سفیدکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. بر این اساس، مناسب‌ترین حالت‌های کاری سفیدکن بهینه‌شده در سرعت ۶۰۰ دور بر دقیقه و موقعیت سوم تیغه (فاصلهٔ تیغه از ابتدای توپی ۹ میلی‌متر و از انتهای آن ۷ میلی‌متر) یا سرعت ۸۰۰ دور بر دقیقه در هر یک از سه موقعیت تیغه (ترجیحاً موقعیت اول تیغه) به دست آمد. در این دو تنظیم به ترتیب میانگین شکستگی برنج ۱۱ و۱۲ درصد، درجه سفیدشدگی ۸/۸۴ و۸/۰۲ درصد و شاخص کارایی سفیدکن ۷/۸۶ و ۷/۱ بود.

واژه‌های کلیدی

برنج، درصد شکستگی برنج، دور توپی سفیدکن، سفیدکن تیغه‌ای

مقدمه

برنج امروزه غذای اصلی بسیاری از مردم جهان محسوب می‌شود. افزایش روزافزون جمعیت و تقاضا و نیز محدودیت منابع آب و خاک، کاهش هر چه بیشتر ضایعات این محصول را ضروری می‌سازد. از جملهٔ این ضایعات، برنج شکسته یا خرد با قیمت معادل یک سوم تا یک پنجم برنج سالم است. این کاهش قیمت مستقیماً متوجه تولیدکننده می‌شود. شکسته‌شدن برنج تابع عوامل زیادی نظیر رقم، مدیریت زراعی، میزان رطوبت هنگام برداشت و تبدیل، روش خشک‌کردن و دستگاه‌های به‌کار گرفته شده در سیستم تبدیل است.

در تبدیل شلتوک به برنج سفید از سیستم‌های مختلفی استفاده می‌شود که در اکثر آنها ابتدا شلتوک مرطوب تحت تأثیر گرما خشک می‌شود؛ پس از آن به واحد تمیزکن وارد و ناخالصی‌ها از آن جدا می‌شود. در مرحلهٔ بعدی، شلتوک تمیز در پوست‌کن غلتک لاستیکی[1] یا انواع پوست‌کن دیگر

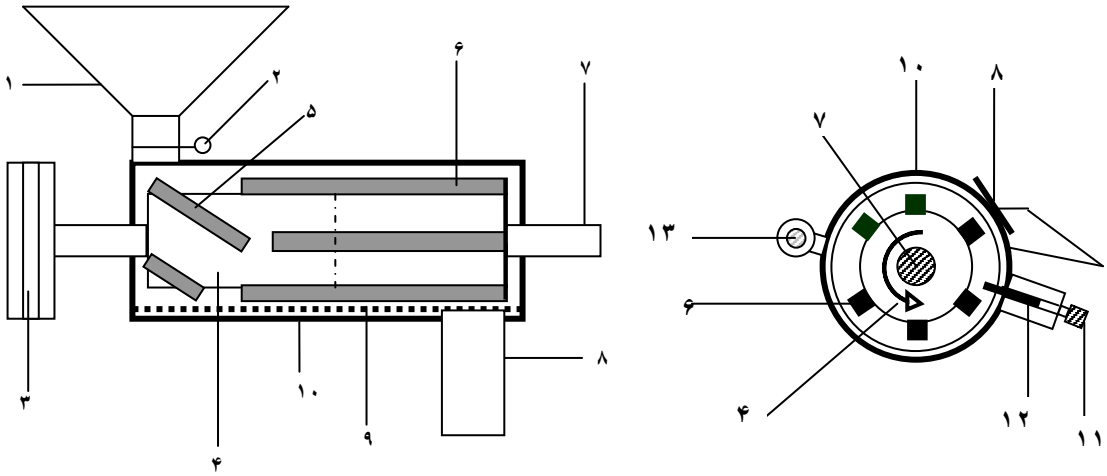
1- Rubber-Roll Sheller

پوست‌کنی می‌شود. حاصل پوست‌کنی، مخلوطی از برنج بدون پوشش یا برنج قهوه‌ای و برنج پوست‌ناکنده (شلتوک) است. در سیستم‌های مدرن، با جداساز یا پادیه[1]، شلتوک از برنج قهوه‌ای جدا می‌شود و به پوست‌کن بر می‌گردد. برنج قهوه‌ای به دستگاه سفیدکن وارد و تحت تأثیر نیروهایی اصطکاکی و فشار، مقداری از سبوس آن جدا و از محیط خارج می‌شود. در سیستم‌های سنتی و رایج، شلتوک از برنج قهوه‌ای جدا نمی‌شود و مخلوط این دو مستقیماً وارد سفیدکن می‌شود. در این سفیدکن‌ها، پوست‌کنی شلتوک باقی‌مانده و سفیدکنی برنج قهوه‌ای توأم اجرا و فشار مضاعفی به برنج وارد می‌شود که باعث افزایش ضایعات است. برنج خارج شده از سفیدکن جهت براقی و شفافیت بیشتر، به صیقل‌دهنده[2] وارد و با الک‌های مخصوص برحسب طول درجه‌بندی می‌شود. در برخی از مناطق پوست‌کنی، سفیدکردن و ایجاد براقی را سفیدکن تیغه‌ای انجام می‌دهد. در هر یک از این وسایل به برنج نیروهای مکانیکی وارد می‌شود که بیشترین آن نیروها در سفیدکن است. سفیدکن‌های برنج انواع مختلفی دارند که در دو گروه سایشی و اصطکاکی تقسیم می‌شوند. از سفیدکن‌های اصطکاکی، سفیدکن تیغه‌ای است که هم‌اکنون در اکثر نقاط کشور به عنوان سفیدکن و گاهی پوست‌کن استفاده می‌شود که خود باعث افزایش شکستگی برنج است (Peiman, 1999).

دستگاه سفیدکن تیغه‌ای (شکل ۱) از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: اول توپی یا روتور و دوم محفظه توپی که ثابت است. توپی، استوانه چدنی به طول حدود ۴۶ سانتی‌متر است که روی محیط آن آج‌هایی قرار دارد. در ۱۰ سانتی‌متر اول طول توپی سه آج خمیده (قسمت انتقال‌دهنده) وظیفه هدایت و انتقال برنج قهوه‌ای به جلو را بر عهده دارد. روی طول باقی‌مانده، شش آج مستقیم و موازی محور توپی قرار دارد که به عنوان همزن عمل می‌کند و موجب حرکت چرخشی برنج و مالش آن به تیغهٔ فلزی می‌شود. تیغه، در طول محفظه و موازی محور توپی قرار می‌گیرد. محفظهٔ دستگاه از دو نیم استوانهٔ تشکیل شده است که نیم استوانه پایین را صفحات مشبک تشکیل می‌دهد و نیم استوانهٔ بالایی مانند نیم لولهٔ چدنی است. تیغه، بین دو نیم استوانه محفظه قرار می‌گیرد و با پیچ‌هایی محکم می‌شود. فاصلهٔ تیغه از توپی با همین پیچ‌ها قابل تنظیم است. برنج قهوه‌ای (و شلتوک مخلوط با آن) با گذر از دریچه قابل تنظیم ورودی به سفیدکن وارد و به واسطهٔ قسمت اول توپی به جلو رانده می‌شود. قسمت دوم توپی، برنج را به چرخش درمی‌آورد و اصطکاک ایجاد شده بین دانه‌های برنج و نیز تیغه فلزی و برنج بخشی از سبوس برنج را جدا می‌کند. سبوس یا نرمه برنج از صفحات مشبک می‌گذرد و بر اثر مکش یک فن از محیط خارج می‌شود. کنترل کیفیت برنج سفید شده از نظر درجه سفید شدگی و درصد شکستگی با تغییر فاصله تیغه از توپی و تغییر مقدار خروجی برنج امکان‌پذیر است.

تحقیقات احمد و مازد (Ahmed & Mazed, 1996) نشان می‌دهد که عمومی‌ترین وسیلهٔ تبدیل شلتوک به برنج سفید در بنگلادش سفیدکن تیغه‌ای و سیستم سنتی پادنگ[3] است. پادنگ از یک ظرف و یک چوب تشکیل می‌شود که یک سر آن میخ کوبی شده است. با کوبیدن این چوب بر شلتوک داخل ظرف، پوست شلتوک جدا و برنج کمی سفید می‌شود. درجهٔ سفیدشدگی و مقدار ضایعات ایجاد شده در پادنگ کمتر از سفیدکن تیغه‌ای است. این محققان دریافتند زمانی که سفیدکن تیغه‌ای هم به عنوان پوست‌کن و هم سفیدکن به کار رود مقدار شکستگی افزایش می‌یابد و سبوس جدا شده از برنج با آن مخلوط می‌شود. از جمله خصوصیاتی که در بررسی سیستم‌های مختلف تبدیل شلتوک به برنج سفید مورد توجه است درجه سفیدشدگی، درصد شکستگی، راندمان برنج سفید سالم و راندمان کل تبدیل است. بر اساس گزارش مارامبا (Maramba, 1953)، راندمان کل تبدیل در سیستم متشکل از پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن

1- Separator 2- Polisher 3- Home ponding



شکل ۱- سفیدکن تیغه‌ای رایج و قسمت‌های آن (۱- مخزن ۲- دریچه تنظیم ورودی ۳- پولی محرک توپی ۴- توپی سفیدکن ۵- آج‌های خمیده قسمت انتقال‌دهنده۶- آج‌های مستقیم قسمت همزن ۷- شافت مرکزی ۸- دریچه تنظیم خروجی ۹- صفحه مشبک ۱۰- محفظه ۱۱- پیچ تنظیم‌کنندهٔ طول تیغه ۱۲- تیغه ۱۳- لولای محفظه)

تیغه‌ای بیشتر از سفیدکن تیغه‌ای به تنهایی است. این محقق درصد شکستگی را در پوست‌کن غلتک لاستیکی یک و در سفیدکن تیغه‌ای ۱۴ درصد می‌داند. همچنین یونی‌کونسولتانت (Uniconsultant, 1991) مقدار راندمان کل تبدیل برنج را در سیستم مرسوم پادنگ ۶۷/۶ درصد، در سفیدکن تیغه‌ای ۶۶/۷ درصد و در سفیدکن‌های مدرن ۶۸ درصد مشخص می‌کند.

اینددسوامی و بهاتاچاریا (Induswamy&Bhattacharya,1979)، راندمان سفیدکن‌های تیغه‌ای را ۶۲ تا ۶۴ درصد، شکستگی برنج را ۲۵ تا ۳۰ درصد و راندمان برنج سفید سالم را ۵۰ درصد برآورد کردند.

رفیعی و همکاران (Rafiee *et al*., 2005) تاثیر استفاده از سفیدکن تیغه‌ای را بر درصد برنج سفید سالم مطالعه کردند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که میانگین دانه‌های برنج سالم در یک گرم نمونه قبل و بعد از سفید کردن به ترتیب ۳۰ و ۲۸ عدد می‌باشد. به عبارت دیگر۴/۴ درصد از برنج در مرحله سفیدشدن خرد می‌شود. افضلی‌نیا و همکاران (Afzalinia *et al*., 2002) در بررسی روش‌های متفاوت سفیدکردن برنج در فارس دریافتند که استفاده از پوست‌کن (سفیدکن) تیغه‌ای به دلیل تولید ضایعات بالای برنج پذیرفته نیست و مناسب‌ترین ترکیب دستگاه‌ها در سیستم تبدیل شامل پوست‌کن غلتک لاستیکی، سه واحد سفیدکن سایشی به صورت سری و سفیدکن تیغه ای به عنوان براق‌کنندهٔ نهایی برنج است. تحقیقات هدایتی‌پور و همکاران (Hedaiatipour *et al*., 2005) روی تاثیر رطوبت در زمان تبدیل شلتوک بر درصد برنج خرد در دو نوع سفیدکن سایشی و اصطکاکی آزمایشگاهی نشان داد که مناسب‌ترین رطوبت تبدیل در سیستم سایشی ۱۲ درصد است در حالی که در نوع اصطکاکی رطوبت‌های ۷ تا ۱۲ درصد تاثیری بر میزان شکستگی برنج ندارد.

تحقیقات روی بهینه‌سازی سفیدکن تیغه‌ای با استفاده از مارپیچ انتقال نشان داد که میزان شکستگی برنج رقم سازندگی در رطوبت ۱۳ درصد در سفیدکن تیغه‌ای رایج ۲۳ و در سفیدکن بهینه شده ۲۰/۵ درصد است (Heidari Soltanabadi, 2005). از عوامل دیگر که می‌تواند در راندمان سفیدکن با توپی جدید (تجهیزشده با مارپیچ انتقال) نقش داشته باشد سرعت دورانی توپی و موقعیت تیغه است به نحوی که عوامل یادشده با تغییر فشار وارد بر برنج، کیفیت برنج سفیدشده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از این رو در این تحقیق تاثیر سرعت توپی و موقعیت قرارگیری تیغه بر کیفیت برنج و راندمان یا کارایی سفیدکن ارزیابی شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش روی یک سفیدکن تیغه‌ای رایج با مارک حسن منصور (ساخته‌شده در کارگاه‌های شمال کشور)، در یکی از برنجکوبی‌های منطقه لنجان اصفهان اجرا شد. درتحقیقات قبلی(Heidari Soltanabadi, 2005) مارپیچ انتقال پس از طراحی و ساخته شدن روی سفیدکن نصب شد (شکل ۲). به منظور تغییر سرعت توپی، پنج پولی سه تسمه‌ای به قطرهای۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ میلی‌متر ساخته شد که با توجه به قطر پولی متصل به توپی (۳۱۰ میلی‌متر) و دور الکتروموتور محرک (۱۵۵۰ دور بر دقیقه)، با اتصال این پولی‌ها به شافت الکتروموتور، سرعت‌های ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ دور بر دقیقه ایجاد می‌شد. در آزمایش‌ها از شلتوک رقم سازندگی با رطوبت ۱۲ درصد بر پایهٔ تر (Abedi, 1997) متعلق به سال زراعی۸۴-۸۳ استفاده شد که دارای ۱/۵ درصد ناخالصی و ۱۷ درصد برنج نارس (سبز) بود. این شلتوک با دو دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی (ISEKI HC600) که به صورت سری قرار داشتند، پوست‌کنی شد. از خروجی هر یک از پوست‌کن‌ها، نمونه‌های ۵۰ گرمی برداشته شد. در این نمونه‌ها، برنج قهوه‌ای سالم و شکسته و برنج پوست‌ناکنده (شلتوک) جدا و وزن گردید. بر اساس استاندارد، نسبت مجموع وزن برنج قهوه‌ای سالم و شکسته به وزن کل نمونه (۵۰گرم) ضریب پوست‌کنی (نسبت برنج قهوه‌ای به شلتوک) را نشان می‌دهد. همچنین نسبت وزن برنج قهوه‌ای سالم به مجموع وزن برنج قهوه‌ای سالم و شکسته، درصد برنج قهوه‌ای سالم در مرحله پوست‌کنی را مشخص می‌کند. با ضرب کردن ضریب پوست‌کنی در درصد برنج قهوه‌ای سالم، راندمان پوست‌کنی حاصل می‌شود. مشخصات پوست‌کن‌ها و اندازه‌گیری‌های مربوط به آن در جدول ۱ و مشخصات شلتوک، برنج قهوه‌ای و سفید رقم سازندگی در جدول ۲ ارائه شده است. مخلوط برنج قهوه‌ای و برنج پوست‌ناکنده حاصل از کار پوست‌کن دوم در کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی (حداکثر ظرفیت مخزن سفیدکن) بسته‌بندی شد. در هر تیمار (مجموعاً ۴۵ تیمار) یکی از پولی‌ها روی شافت الکتروموتور نصب شد. سپس با باز کردن محفظه سفیدکن و استفاده از کولیس، موقعیت تیغه در یکی از این سه حالت قرار داده شد و پیچ‌های آن سفت گردید: حالت اول، فاصلهٔ تیغه از ابتدای توپی ۷ میلی‌متر و از انتهای آن ۹ میلی‌متر؛ حالت دوم، فاصلهٔ تیغه از ابتدا و انتهای توپی ۸ میلی‌متر؛ حالت سوم، فاصلهٔ تیغه از ابتدای توپی ۹ میلی‌متر و از انتهای آن ۷ میلی‌متر. در قدم بعدی، کیسهٔ برنج قهوه‌ای در درون مخزن سفیدکن تخلیه شده و سفیدکن شروع به کار کرد. در حین آزمایش‌ها، سطح مقطع دریچه خروجی روی ۱۱۶۰میلی‌متر مربع ثابت باقی ماند. در هر آزمایش، برنج از دریچهٔ خروجی سفیدکن جمع‌آوری و سه نمونهٔ ۱۵۰گرمی به صورت تصادفی برداشت شد. از این نمونه‌ها برای اندازه‌گیری درصد برنج سفید سالم و شکسته، درجهٔ سفیدشدگی و محاسبهٔ شاخص کارایی سفیدکن به روش زیر استفاده شد:

درصد برنج سفید سالم و شکسته: از نمونه‌های ۱۵۰ گرمی که مخلوطی از برنج سالم و شکسته و ناخالصی است، برنج‌های بزرگ‌تر و کوچک‌تر از سه چهارم طول یک برنج سفید کامل جدا شدند. نسبت وزن برنج‌های بزرگ‌تر و کوچک‌تر از طول یک برنج سفید سالم به کل وزن نمونه به ترتیب درصد برنج سفید سالم و درصد شکستگی (S_1) برنج را مشخص می‌کند (Anon, 1990). اختلاف مجموع درصد برنج سفید سالم و برنج شکسته از ۱۰۰، درصد ناخالصی و سبوس موجود در برنج سفیدشده را نشان می‌دهد که نسبت عکس با درجه سفیدشدگی برنج دارد.

درجهٔ سفیدشدگی برنج: برای اندازه‌گیری درجهٔ سفیدشدگی برنج (S_2)، بر اساس استاندارد (Anon, 1990) درصد کاهش وزن برنج قهوه‌ای در اثر سفیدشدن اندازه‌گیری شد. در این روش، هزار دانهٔ برنج قهوه‌ای سالم و هزار دانهٔ برنج سفید سالم وزن شد. میانگین وزن هزار دانه برنج قهوه‌ای سالم ۱۶/۲ گرم به دست آمد. وزن هزار دانه برنج سفید سالم به شرایط سفیدشدن بستگی دارد و متغیر است. با استفاده از رابطهٔ ۱ به دست آمد.

$$D = \frac{16.2 - W_s}{16.2} \qquad (۱)$$

که در آن، D= درجهٔ سفیدشدگی؛ و W_S= وزن هزار دانه برنج سفید سالم است.

ج) شاخص کارایی دستگاه: برای ارزیابی عملکرد دستگاه سفیدکن از رابطهٔ تجربی زیر استفاده شد:

$$In = (100\text{-}S_1) \times S_2 \qquad (۲)$$

که در آن، In= شاخص کارایی دستگاه؛ S_1= درصد شکستگی؛ و S_2= درجه سفیدشدگی برنج است.

داده‌ها با برنامهٔ SAS تجزیه و تحلیل و میانگین‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن) گروه‌بندی شد. نمودارهای اثر فاکتورهای آزمایش با برنامهٔ Excel رسم شد.

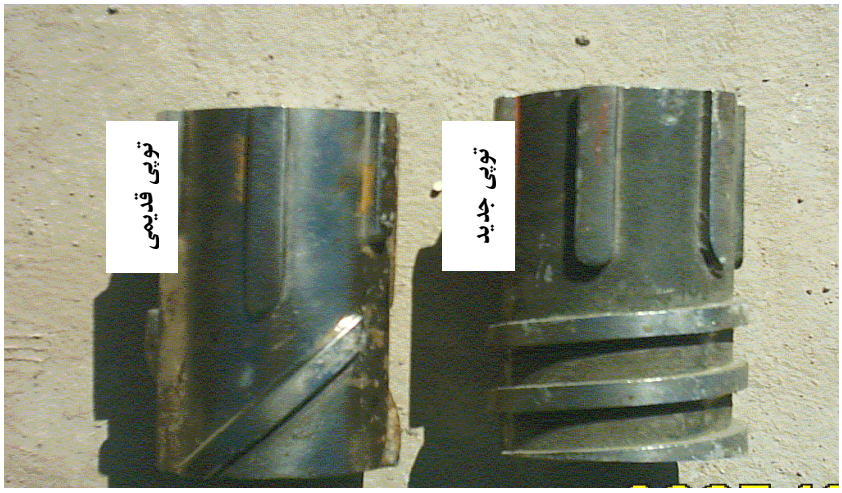
جدول ۱- مشخصات پوست‌کن‌های مورد استفاده در آزمایش

	قطر غلتک‌ها (میلی‌متر)	فاصله غلتک‌ها (میلی‌متر)	اختلاف سرعت خطی غلتک‌ها (متر بر ثانیه)	ضریب پوست‌کنی	درصد برنج قهوه‌ای سالم	راندمان پوست‌کن
پوست‌کن اول	۲۰۰	۲/۵	۲/۳	۹/۴	۹۲/۶	۸/۷
پوست‌کن دوم	۱۹۹	۲	۲/۴	۷۵	۹۶/۷	۷۲/۵

جدول ۲- مشخصات ظاهری برنج رقم سازندگی اصفهان

	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	ضریب رعنایی*	وزن هزار دانه (گرم)
شلتوک	۸/۲	۲/۴	۱/۹۵	-	۱۹/۶
برنج قهوه‌ای	۶	۲/۲۵	۱/۸	۳/۳۳	۱۶/۲
برنج سفید	۵/۸	۲/۱	۱/۷	-	۱۴/۵

* نسبت طول به عرض برنج را ضریب رعنایی می‌گویند.



شکل ۲- مقایسهٔ شکل ظاهری قسمت انتقال‌دهنده برنج در طرح جدید و قدیمی

نتایج و بحث

جدول ۳ تجزیه واریانس اثر سادهٔ سرعت تـوپی، موقعیـت تیغه و اثر متقابل سرعت توپی× موقعیـت تیغـه را بـر درصـد برنج سفید سالم و شکـسته، درجـهٔ سفیدشـدگی و شـاخص کارایی سفیدکن نشان می‌دهـد. بـر ایـن اسـاس، اثـر سـادهٔ سرعت توپی در سطح احتمال ۵ درصد بر درصـد شکـستگی برنج و در سطح احتمال ۱درصد بر درصد برنج سـفید سـالم معنی‌دار بوده است. اختلاف درصد شکستگی و درصـد بـرنج سفید سالم در سرعت ۵۰۰ دور بر دقیقه بـا ۶۰۰ و۷۰۰ دور بـر دقیقـه معنـی‌دار اسـت (شـکل ۳ و ۴). شـکل ۴ نـشان می‌دهد که حداقل برنج سفید سـالم در سـرعت ۵۰۰ دور در دقیقه ایجاد شده است. انتظار می‌رفـت بـا افـزایش سـرعت توپی و در نتیجه افزایش تماس برنج با تیغه و نیز با یکـدیگر درصد شکستگی افزایش یابد. تحقیقات قوامی (Ghavami, 2005) نشان می‌دهد که افزایش سرعت توپی باعـث افـزایش شکستگی برنج می‌شود. اما در توپی جدید به جز در سـرعت ۵۰۰ دور بر دقیقه روند خاصی را در افزایش یا کاهش درصد شکستگی برنج نمی‌توان مشاهده کرد و به شاخص یـا معیـار دیگری جهت انتخاب سرعت مناسب توپی نیاز اسـت. دلیـل کاهش برنج سالم و افزایش شکستگی بـرنج در سـرعت ۵۰۰ دور بر دقیقه را می‌توان در این نکته جستجو کرد که در ایـن سرعت، حرکت برنج در داخل سفیدکن کند است زیـرا دبـی جرمی عبوری مواد تابع سرعت دورانی مـارپیچ انتقـال اسـت (Woodcock & Mason, 1989). به نظر می‌رسد با این کار فضای داخل سفیدکن پر نمی‌شود و برنج در فـضاهای خـالی محفظه به اطراف پرت می‌شود و در اثر ایجاد ضربه می‌شکند. تحقیقات شـاکر (Shaker, 2003) بـر تـاثیر سـرعت دورانـی سفیدکن سایشی افقی بر میزان شکستگی دو رقم برنج آمل-۳ و کامفیروزی در شیراز نشان داد که سـرعت ۶۰۰ دور بـر دقیقه برای هر دو رقم مناسب است. فاروق و اسلام (Farouk & Islam, 1995) اثـر چهـار سـرعت سـفیدکن سایـشی شامل ۱۲۰۰، ۱۳۰۰، ۱۴۰۰ و ۱۵۰۰ دور بر دقیقه را بر درصد شکستگی ارقام محلی برنج مطالعه کردند. نتایج حاکی از آن بود که به‌طـور کلـی در محـدودهٔ مـورد مطالعـه آنهـا مقـدار

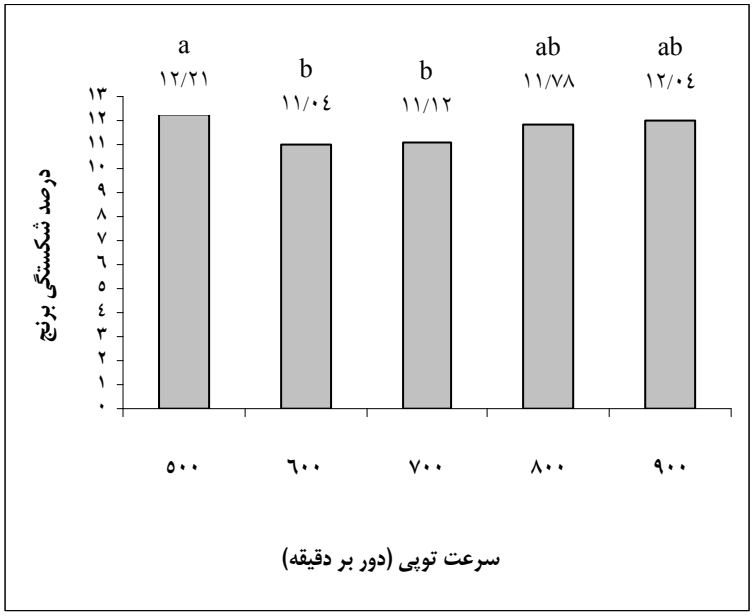
شکست برنج با افزایش سرعت دورانی توپی افزایش می‌یابد. فیروزی و علیزاده (Firuzi & Alizadeh, 2003) در بررسی اثر سرعت‌های متفاوت توپی در سفیدکن مالشی- دمشی[1] بر درصد شکستگی برنج، سرعت ۸۰۰ دور بر دقیقه را مناسب‌ترین سرعت‌ها به دست آوردند. طبق نتایج جدول ۳، موقعیت تیغه در سطح احتمال یک درصد بر درجهٔ سفیدشدگی و شاخص کارایی سفیدکن تاثیر معنی‌دار داشته است. شکل‌های شماره ۵ و ۶ نشان می‌دهد حداکثر سفیدشدگی برنج و شاخص کارایی سفیدکن به طور میانگین در موقعیت سوم تیغه ایجاد شده است. در این موقعیت تیغه، مقدار فشار وارد بر برنج افزایش یافته است زیرا حالت مورب تیغه باعث شده تا برنج با رسیدن به انتهای سفیدکن تحت فشار بیشتر قرار گیرد و سفیدتر شود. از آنجایی که شاخص کارایی سفیدکن حاصل ضرب درصد برنج سالم و درجه سفید شدگی است، افزایش درجهٔ سفیدشدگی و ثابت باقی ماندن درصد برنج سالم باعث افزایش معنی‌دار شاخص کارایی سفیدکن در موقعیت سوم تیغه شده است. تحقیقات خوش تقاضا و همکاران (Khoshtaghaza *et al.*, 2001) نشان داد استفاده از دو تیغه در یک سفیدکن آزمایشگاهی باعث افزایش درجهٔ سفیدشدگی و متعاقب آن افزایش شکستگی برنج می‌شود. بر اساس نتایج جدول ۳، اثر متقابل سرعت توپی در موقعیت تیغه در سطح احتمال ۵ درصد بر درجهٔ سفیدشدگی و شاخص کارایی سفیدکن معنی‌دار بوده است. به این ترتیب حداکثر سفیدشدگی و شاخص کارایی سفیدکن در سرعت ۹۰۰ دور بر دقیقهٔ توپی و حالت سوم تیغه و حداقل آن در سرعت ۵۰۰ دور بر دقیقهٔ توپی و در حالت اول تیغه مشاهده می‌شود (جداول ۴ و ۵). از آنجایی که شاخص کارایی سفیدکن می تواند معیار مناسبی جهت انتخاب حالت کاری سفیدکن باشد (جدول ۵)، حالت‌های ۹۰۰ دور بر دقیقه و موقعیت سوم تیغه، ۸۰۰ دور بر دقیقه در هر یک از سه موقعیت تیغه (ترجیحاً موقعیت اول تیغه)، ۶۰۰ دور بر دقیقه و موقعیت سوم تیغه و ۵۰۰ دور بر دقیقه و حالت دوم تیغه به عنوان شرایط قابل استفاده مطرح هستند. اما در انتخاب سرعت توپی محدودیت‌هایی وجود دارد که باعث حذف برخی از آنها می‌شود. اول آن که در سرعت ۵۰۰ دور بر دقیقه به دلیل کوچکی پولی تسمه‌ها به شدت گرم و در طولانی مدت باعث فرسایش آنها می‌شود و مخارج دستگاه را بالا می‌برد. دوم این که حتی اگر این سرعت دور توپی با تعویض پولی توپی به دست آید، سرعت پایین انتقال برنج در سفیدکن، باعث کاهش عملکرد آن (تن در ساعت) می‌شود که در اکثر برنجکوبی‌ها مقرون به صرفه نخواهد بود. سوم، در سرعت ۹۰۰ دور بر دقیقه، دستگاه دچار لرزش‌های شدید می‌شود و استهلاک دستگاه بالا خواهد رفت. چهارم، به دلیل سرعت بالای برنج در سفیدکن، تنظیم اولیه سفیدکن دشوار خواهد بود. سرعت ۷۰۰ دور بر دقیقه با آنکه از نظر درصد برنج سفید سالم و درصد شکستگی با سرعت‌های ۶۰۰ و ۸۰۰ دور بر دقیقه بدون تفاوت معنی‌دار است اما سفیدشدگی و در نتیجه شاخص کارایی پایینی دارد. با در نظر گرفتن شرایط فوق سرعت‌های ۶۰۰ و ۸۰۰ دور بر دقیقه در سفیدکن با توپی جدید قابل استفاده هستند.

1- Pearler Jet

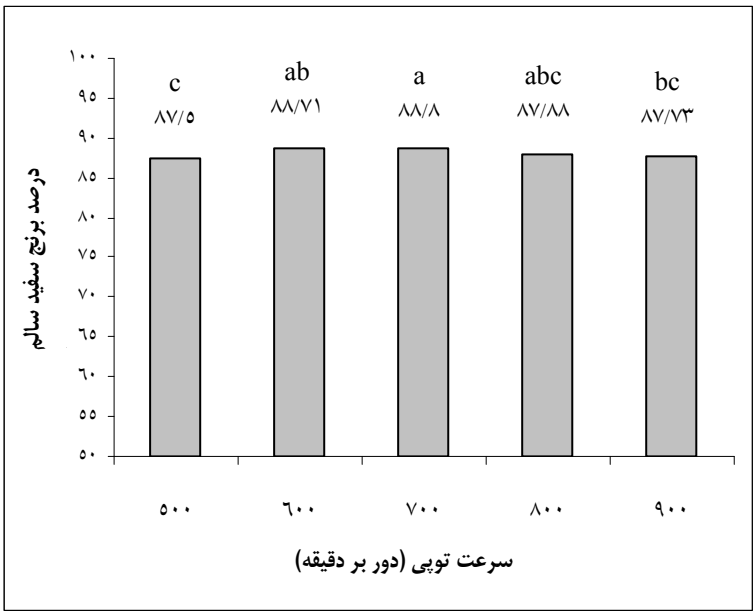
جدول ۳- تجزیهٔ واریانس اثر سرعت توپی و موقعیت تیغه بـر درصـد بـرنج سـفید سـالم و شکـسته، درجـهٔ سفیدشـدگی و شـاخص کارایی سفیدکن

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات			
		درصد شکستگی برنج	درصد برنج سفید سالم	درجهٔ سفیدشدگی	شاخص کارایی سفیدکن
تکرار	۲	۰/۲۶	۰/۳۶	۱/۸۳	۱/۴۹
سرعت توپی	۴	۲/۶۳*	۳/۱۶*	۴/۰۵ns	۲/۸۹ns
موقعیت تیغه	۲	۱/۰۳ns	۰/۹۸ns	۱۰/۶۰**	۷/۹۴**
سرعت توپی × موقعیت تیغه	۸	۱/۸۳ns	۲/۱۰ns	۴/۴۲*	۳/۵۹*
خطا	۲۸	۰/۹۱	۰/۹۶	۱/۸۸	۱/۳۷

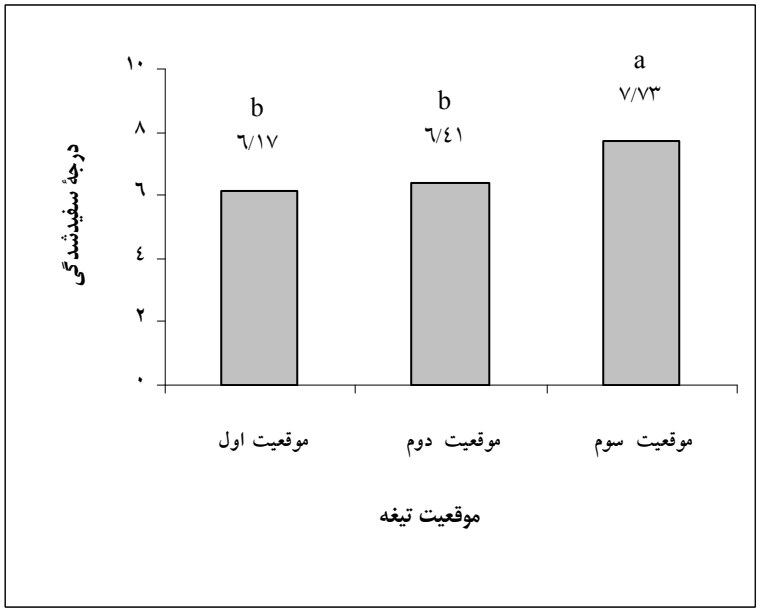
* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار



شکل ۳- اثر سرعت توپی بر درصد شکستگی برنج



شکل ۴- اثر سرعت توپی بر درصد برنج سفید سالم

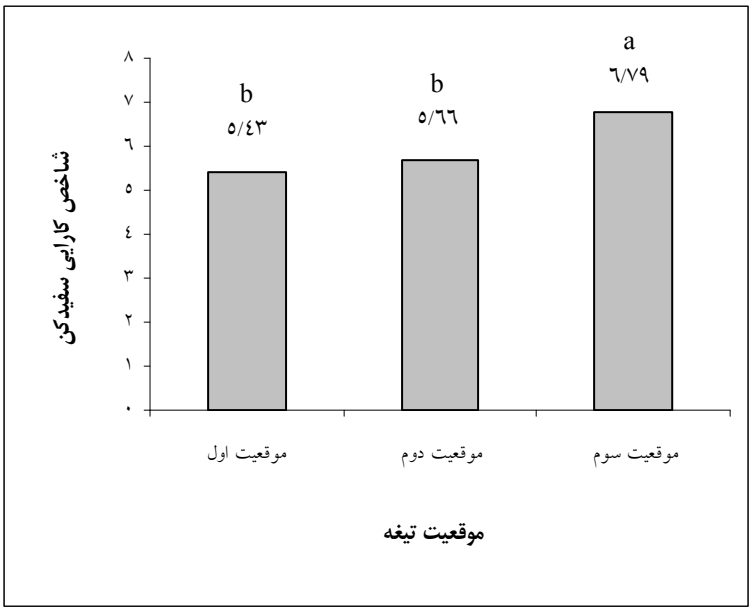


شکل ۵- اثر موقعیت تیغه بر درجهٔ سفیدشدگی برنج

موقعیت اول تیغه= فاصلهٔ تیغه از ابتدای توپی ۷ میلی‌متر و از انتهای آن ۹ میلی‌متر

موقعیت دوم تیغه= فاصلهٔ تیغه از ابتدا و انتها توپی ۸ میلی‌متر

موقعیت سوم تیغه= فاصلهٔ تیغه از ابتدای توپی ۹ میلی‌متر و از انتهای آن ۷ میلی‌متر



شکل ۶- اثر موقعیت تیغه بر شاخص کارایی سفیدکن

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین‌های اثر متقابل سرعت توپی و موقعیت تیغه بر درجهٔ سفیدشدگی برنج

	سرعت توپی (دور بر دقیقه)				
موقعیت تیغه	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۹۰۰
موقعیت اول تیغه	۵/۱۴d	۶/۳۷bcd	۵/۳۴cd	۸/۰۲abc	۵/۹۶cd
موقعیت دوم تیغه	۷/۸۱abcd	۵/۳۴cd	۵/۵۵cd	۵/۹۶cd	۷/۴abcd
موقعیت سوم تیغه	۷/۶۱abcd	۸/۸۴ab	۶/۱۷cd	۶/۷۹abcd	۹/۲۵a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۵– مقایسهٔ میانگین‌های اثر متقابل سرعت توپی و موقعیت تیغه بر شاخص کارایی سفیدکن

	سرعت توپی (دور بر دقیقه)				
موقعیت تیغه	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۹۰۰
موقعیت اول تیغه	۴/۴۶e	۵/۶cde	۴/۷۸de	۷/۱۱abc	۵/۲۱cde
موقعیت دوم تیغه	۶/۸۱abcd	۴/۷۷de	۴/۹۴de	۵/۲۸cde	۶/۵abcde
موقعیت سوم تیغه	۶/۷۱abcde	۷/۸۶ab	۵/۴۲de	۵/۸۶bcde	۸/۱۱a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد در سرعت ۶۰۰ دور بر دقیقه و موقعیت سوم تیغه و سرعت توپی ۸۰۰ دور بر دقیقه در هر یک از سه موقعیت تیغه (ترجیحاً موقعیت اول تیغه) مناسب‌ترین حالت‌های کاری سفیدکن با توپی جدید است. پیشنهاد می‌شود در فصولی از سال که حجم شلتوک کم است از سرعت ۶۰۰ دور بر دقیقه و در فصول پر کار برنجکوبی‌ها از سرعت ۸۰۰ دور بر دقیقه استفاده شود زیرا افزایش سرعت مارپیچ انتقال موجب افزایش دبی خروجی و ظرفیت کاری سفیدکن می‌شود. از طرفی دیگر، سرعت ۸۰۰ دور بر دقیقه این مزیت را دارد که حالت تیغه تغییر چندانی در کیفیت برنج ایجاد نمی‌کند و نیاز به تنظیم دقیق ندارد. به منظور تکمیل این تحقیق پیشنهاد می‌شود تاثیر سرعت توپی، موقعیت تیغه و مقدار خروجی برنج در ارقام دانه‌بلند و کوتاه بررسی شود. همچنین عملکرد توپی جدید در مناسب‌ترین حالت کاری با عملکرد سفیدکن‌های سایشی مقایسه گردد.

قدردانی

از کلیهٔ همکاران و پرسنل بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان که در ساخت و آزمایش‌های این طرح ما را یاری کرده‌اند قدردانی می‌شود.

مراجع

Abedi, H. 1997. The determination of optimum milling moisture and harvest time in order to reduce rice breakage. Research Report. No. 344. Rice Research Institute. Isfahan Agricultural Research Center. (in Farsi)

Afzalinia, S., Shaker, M. and Zare, E. 2002. Comparison of different rice milling methods. North-Central Intersectional Meeting Sponsored by ASAE and CSAE Canada. Sep. 27-28.

Ahmed, A. and Mazed, M. A. 1996. Improving the rice post-harvest technology in Bangladesh. AMA. 27, 37-43.

Anon. 1990. Test Code and Procedure for Rice Mills. RNAM. Pasay City. Metro Manila. Philippines.

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

Firuzi, S. and Alizadeh, M. K. 2002. Study of rice breakage reasons in paddy milling. Research Project. Azad university of Rasht. (in Farsi)

Ghavami, Sh., Borghei, A. and Tabatabaeefar, A. 2005. Effect of hub round speed and outlet area in milling machine on breakage of rice grain. J. Agric. Eng. Res. 22(6): 125. (in Farsi)

Hedayatipour, A., Bahrami, M. and Safari, M. 2005. The effect of paddy moisture on rice breakage in abrasive and frictional whitener. The Second National Symposium on Losses of Agricultural Products. Tarbiat Modares University. 490-501. (in Farsi)

Heidari Soltanabadi, M. 2005. Optimization of Engelberg rice polisher system by using screw conveyors. Research Report. No. 408. Isfahan Agricultural Research Center (in: Farsi)

Induswamy, Y. M. and Bhattacharya, K. R. 1979. Breakage of rice during milling. Effect of kernel defects and grain dimension. J. Food. Proc. Eng. 3-29.

Khoshtaghaza, M., Heidari Soltanabadi, M. and Tavakoli, T. 2002. Study of the impact of blade and feed rate on rice quality in friction-type whitening machine. Scientific J. Agric. 24(2). (in Farsi)

Maramba, F. D. 1953. Rice mill recoveries. Philippines Agric. Eng. J. 4, 2-3.

Peiman, M. 1999. Paddy Milling Machinery and Systems in the World and Iran. Ministry of Jihad-e-Sazandehghi. Jihad-e-Sazandehghi of Gilan Province. Rural Industry Management. (in Farsi)

Rafiee, Sh. and Tabatabaeefar, A. 2005. The effect of whitener on rice losses. The Second National Symposium on Losses of Agricultural Products. Tarbiat Modares University. 475-482. (in Farsi)

Shaker. M. 2002. The effect of speed and outlet rate of abrasive whitener on rice losses and breakage in two Farce province rice varieties. Research Report. No. 1461. Fars Agricultural Research Center. (in Farsi)

Uniconsultant, 1991. Study on the estimation of seed, feed and post harvest of food grain crops in Bangladesh. Food Planning and Monitoring Unit. Ministry of Food. Govt. of Bangladesh.

Woodcock, C. R. and Mason, J. S. 1989. Screw Conveying. In: Bulk Solids Handling an Introduction to the Practice and Technology Chapman and Hall. N. Y.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.8 /No.1 /Spring 2007/ P: 137-150*

Effect of Rotor Speed and Blade Position in Modified Blade Whitener on Rice Quality

M. Heidari Soltanaabadi*

* Academic Member, Agriculture Engineering Research Department, Agriculture and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 81785-199, Isfahan, Iran. E-mail: m_heisol@yahoo.com

The rotor of Enegelberg whitener was equipped with a screw conveyor to reduce broken rice percentage. According to preliminary experiments this modification could reduce broken rice percentage about 2.5%. Further experiment was performed to determine the effect of rotor speeds and blade positions on white rice quality. To do this, five rotor speeds, consisting 500, 600, 700, 800 and 900 r.p.m and three blade positions including, distance blade from entrance side of rotor was 7mm and from exit side was 9mm; distance blade from entrance side and exit side was 8mm equally; finally distance blade from entrance side of rotor was 9mm and from exit side was 7mm were examined using a experiment factorial randomized complete block design. The considered white rice quality measures were percentage of whole rice, broken rice, degree of milling and performance index. According to the result, rotor speed had significant effect on whole white rice and broken rice in level of 5%. Blade position and the interaction of rotor speed and blade position had significant effect on degree of milling and performance index at level of 1% and 5% respectively. Based on the results, the optimum operating conditions were 600 r.p.m and distance blade from entrance side of rotor was 9mm and from exit side was 7mm. The rotor speed of 800r.p.m leads to same result.

Key word: Blade Type Whitener, Raotor Speed, Rice, Rice Breakage Percentage