بررسی عملکرد سفیدکن *Jet Pearler* به منظور کاهش شکست برنج

سعید فیروزی[۱]- سعید مینایی[۲]- میرحسین پیمان[۳]

چکیده

شکست برنج در عملیات تبدیل شلتوک، یکی از منابع مهم ضایعات این محصول در کشور ما به شمار می‌رود. به‌همین منظور در قسمتی از مطالعات مربوط به بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر عملکرد سفیدکن مالشی دمشی(*Jet Pearler*) در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، اثر دو عامل مهندسی شامل سرعت دورانی توپی سفیدکن (در چهار سطح ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و۹۰۰ دور در دقیقه)، جریان هوای درون محفظه سفیدکن (با و بدون دمش هوا)، اثر دو عامل رقمی شامل شکل دانه (کوتاه، متوسط و بلند) و رطوبت شلتوک (در سه سطح ۹-۸ ، ۱۱-۱۰و۱۳-۱۲ درصد) بر مقدار شکست برنج سفید بدست‌آمده از سفیدکن مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌طورکلی با افزایش سرعت دورانی توپی دستگاه، ابتدا مقدار شکست برنج سفید بدست‌آمده کم شد و سپس افزایش یافت. مقدار شکست رقم خزر از بینام بیشتر بوده و همچنین شکست رقم غریب نیز از مقدار شکست رقم بینام کمتر بوده است. با افزایش میزان رطوبت شلتوک، بر مقدار شکست دانه‌ها افزوده شد. دمش جریان هوا منجر به کاهش شکستگی دانه‌ها گردید و عامل مهمی است که باید در ساخت سفیدکن‌های مالشی مورد توجه قرار گیرد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مناسب‌ترین ترکیب سرعت توپی دستگاه و رطوبت شلتوک برای ارقام مورد بررسی عبارت از سرعت دوارنی۸۰۰ دور در دقیقه و رطوبت ۹-۸ درصد برای شلتوک می‌باشد.

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت
۲- استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۳- استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه گیلان

واژه‌های کلیدی: شکست برنج، سفیدکن مالشی دمشی، تبدیل شلتوک

مقدمه

از میان انواع مختلف ضایعات پس از برداشت برنج، شکست دانه، شاخص‌ترین آن در کشور ما محسوب می شود. قیمت برنج شکسته ۳۰ تا ۵۰ درصد قیمت برنج سالم است. در نگاه کلان، با توجه به حجم بالای تولید این محصول در ایران، می‌توان به عمق فاجعه پی برد. براساس یک برآورد ساده، زیان سالیانه ناشی از شکست برنج در ایران حدود ۸۵۰ میلیارد ریال است(۱). ترک در دانه‌های برنج، شکم سفیدی، میزان رطوبت، شکل و سختی دانه‌ها، نوع و طراحی وسیله سفیدکن از جمله عوامل مؤثر بر شکست دانه برنج در فرآیند سفیدکنی است (۸). تحقیقات خوبی در داخل و خارج کشور در زمینه بررسی اثر برخی پارامترهای مؤثر بر عملکرد دستگاه‌های تبدیل و بهینه‌سازی سیستم‌های تبدیل مرسوم صورت گرفته ولی با این حال با توجه به پیچیدگی موضوع، نیاز به بررسی‌های بیشتری است(۵و۶و۸و۱۰). بنابراین با توجه به موارد مذکور، تحقیق در مورد بررسی اثر عوامل فیزیکی محصول و عوامل مکانیکی در ماشین سفیدکن، امری ضروری به نظر می‌رسد. به‌همین منظور برای بررسی عملکرد سفیدکن مالشی دمشی، اثر دو عامل مهندسی[۱] به‌نام‌های دور توپی سفیدکن و جریان هوا و اثر دو عامل رقمی[۲] به نام‌های شکل و رطوبت دانه بر مقدار شکست برنج حاصله مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش مورد نظر بر روی سفیدکن *YANMAR Jet Pearler* موجود در مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. این نوع سفیدکن، در دهه ۱۹۶۰ میلادی توسط ژاپنی‌ها ابداع گردید. اگرچه دستگاه مذکور از اصل مالش برای تبدیل مخلوط برنج قهوه‌ای و شلتوک به برنج سفید استفاده می‌کند، اما به‌دلیل فقدان تیغه نسبت به سفیدکن‌های انگلبرگ(سفیدکن‌های تیغه‌ای سنتی مرسوم در شمال کشور)، مزیت دارد. به‌علاوه مطابق شکل ۱ ، با ارسال جریان هوا به درون محفظه تبدیل، برنج در حال تبدیل را خنک و براق می‌کند(۷).

در مرحله آزمایش ابتدا شلتوک‌ها تا حصول سطوح رطوبتی مورد نظر خشکانده شدند. ارتفاع و دمای هوای خشک‌کن به ترتیب ۲۰ سانتی‌متر و۴۵-۴۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شدند(۲ و۴). سپس شلتوک خشک به کمک پوست‌کن غلتکی لاستیکی پوست کنده شد. نمونه‌ها در هر مرحله، در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری شدند تا بدین‌ترتیب از تبادل رطوبت با هوای اطراف ممانعت گردد.

برای انجام آزمایش، از طرح آزمایشی اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی استفاده گردید که در آن،

سرعت دورانی توپی سفیدکن در چهار سطـح (۸۰۰،۷۰۰۶۰۰ و۹۰۰ دور در دقیقـه) به عنوان کرت اصـلی و سـه عامـل دیگـر یعنی جریان هوا (در دو وضعیت با و بدون دمش هوا) ، رقم شلتوک شامـل سه رقـم خزر، بینـام و غریب به ترتیب به‌عنوان
نماینده ارقام دانه بلند، متوسط و کوتاه و همچنین رطوبت شـلتوک در سـه سـطح (۹- ۸ ،۱۱-۱۰و۱۳-۱۲ درصد) به شکل فاکتوریل در کرت فرعی قرار گرفتند. علت انتخاب سرعت دورانی توپی سفیدکن بـه عنـوان کرت اصلی این بود که تغییر این عامل با دشواری زیادی همراه است. مطابق با کتابچه راهنما، سرعت دورانی دستگاه مورد نظر در محدوده ۷۰۰ تا ۸۰۰ دور در
دقیقه می‌باشد. از این‌رو یک سطح بالاتر و یک سطـح پایین‌تر از این محدوده برای بررسی اثر ایـن عامـل در نظر گرفته شد.

1-Engineering Factor *2-Varietal Factor*

سطوح رطوبتی نیز با توجه به مقادیر متداول تحقیقات داخلی در زمینه تبدیل شلتوک در سـه سـطح ۹-۸، ۱۱-۱۰ و ۱۳-۱۲ درصد در نظر گرفته شدند(۳و۵) و بالاخره اینکه از سـه شـکل دانـه شـلتوک یعنـی رقـم دانه‌بلند(خزر)، دانـه متوسط(بینام) و دانه‌کوتاه(غریب) استفاده گردید.

در مرحله انجام آزمایش، بسته‌های بیست کیلوگرمی شلتوک پوست کنده‌شده، مطابق با نقشـه آزمـایش، وارد دستگاه تنظیم تغذیه گردید. پس از حدود ۳ دقیقه از کار سفیـدکن، حدود نیـم کیلـوگرم برنـج سفید، برای انـدازه‌گیری درصـد شکسـت، از محـل تخلیـه دسـتگاه جمـع‌آوری گردیـد. نمونـه‌ها درون کیسـه‌های پلاستیکی قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شدند. برای تعیین درصد شکسـت بـرنج سـفید، ابتـدا بـه‌کمک دستگاه الک ارتعاشی و سپس برای تکمیل کار، با روش دسـتی عمـل تفکیـک دانـه‌های سـالم و شکسـته از یکدیگر انجام گرفت، لازم به‌ذکر است که طبق تعریف، دانه سالم به دانه‌ای گفتـه می‌شـود کـه طـول آن از سه‌چهارم طول یک دانه کامل بیشتر باشد(۸). در خاتمه، داده‌ها به کمک نرم افزار آماری *MSTATC* مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

شکل۲ نشان می‌دهد که به‌طور کلی با افزایش سرعت دورانی توپی سفیدکن مالشی‌دمشـی، ابتدا مقدار شکست برنج سفید حاصلـه زیاد بـوده و سـپس در سـرعت‌های ۷۰۰ و۸۰۰ دور در دقیقـه کاهش می‌یابد. بین درصد شکست برنج سفید در سرعت‌های ۷۰۰ و۸۰۰ دور در دقیقـه تنهـا در سطـح احتمـال ۵٪، اختـلاف معنی‌دار وجود دارد. با افزایش سرعت توپی سـفیدکن از ۸۰۰ تا ۹۰۰ دور در دقیقه مجدداً مقدار شکست افزایش یافته‌اسـت. در تحقیـق آزمایشـگاهی مشـابهی، فـاروق و اسـلام(۱۹۹۵) اثـر چهـار سـرعت سـفیدکن سایشـی (۱۲۰۰، ۱۳۰۰، ۱۴۰۰و۱۵۰۰ دور در دقیقه) بر برخی خصوصیـات عملکردی دستـگاه و درصـد شکست برنج بدست آمده مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که به‌طور کلـی در محـدوده مـورد مطالعه آنها برای ارقام محلی مورد بررسی، مقدار شکست برنج با افزایش سـرعت دورانـی تـوپی

افزایش یافت(۸). در خصوص تفاوت نتایج بدست‌آمده از این بررسی و تحقیق مذکور می‌توان به این موضوع اشاره نمود که عملیات ترکیبی قبل از خشک کردن شلتوک در کشورهایی همچون بنگلادش(شامل نیم‌جوش‌کردن، بخار دادن و...) در مقایسه با روش خشک کردن تک مرحله‌ای مرسوم در کشور ما، عملکرد متفاوت سفیدکن‌های سایشی در مقایسه با سفیدکن‌های تیغه‌ای و از همه مهمتر، استفاده این محققان از سفیدکن سایشی بدون دریافت خروجی(محفظه بسته)، از جمله تفاوت‌های اساسی بین این دو تحقیق است. ضمن آنکه بنا به دلایل مذکور، روند افزایشی و یا کاهشی مقادیر شکست برنج سفید به دامنه مورد بررسی سرعت توپی سفیدکن بستگی خواهد داشت.

در رابطه با اثر رقم، شکل ۳ ، بیانگر آنست که مقدار شکست رقم خزر در سطح احتمال ۱٪، از مقدار شکست رقم بینام بیشتر است. به علاوه همین روند، برای مقدار شکست رقم بینام در مقایسه با رقم غریب مشاهده می‌شود به نحوی‌که کمترین مقدار شکست مربوط به رقم غریب است. ارقام بلند و باریک بیشتر تحت تأثیر تنش‌های خمشی داخل محفظه سفیدکن قرار می‌گیرند و براحتی می‌شکنند، در حالیکه ارقام کوتاه و گرد به سختی دچار شکست می‌شوند (۱۰).

مطابق با شکل ۴، اثر جریان هوای متراکمی که به درون محفظه سفیدکن دمیده می‌شود، در سطح احتمال ۱٪ بر مقدار شکست برنج سفید معنی‌دار بوده و درصد شکست برنج را کاهش داده است. ازآنجائیکه جریان هوای ارسالی، حرارت زیاد ناشی از مالش دانه‌ها با یکدیگر را جذب نموده و به خارج از محفظه منتقل می‌نماید، در نتیجه تنش‌های حرارتی کمتری در دانه‌های برنج ایجاد می‌شود که این امر می‌تواند مقدار شکست برنج را کاهش دهد(۹).

همانگونه که شکل۵ نشان می‌دهد، با افزایش میزان رطوبت دانه، مقدار شکست برنج سفید خروجی افزایش یافته است. در نمودار مذکور محدوده رطوبتی ۹-۸ درصد کمترین مقدار شکست را به‌دنبال داشته و مقدار شکست برنج

سفید حاصله درسطح رطوبتی ۱۱-۱۰ درصد نیز کمتر از مقدار شکست در بالاترین سطح رطوبتی مورد بررسی یعنی ۱۳-۱۲ درصد بوده‌است. آزمایشات زانگ و همکاران (۲۰۰۰)، نشان داد که با افزایش زمان خشک‌شدن شلتوک (و یا کاهش مقدار رطوبت دانه‌ها)، مدول الاستیسیته و مقاومت گسیختگی دانه‌ها افزایش می‌یابد که البته این امر می‌تواند به سخت‌تر شدن نشاسته درون دانه برنج در هنگام گذر از دمای بالای انتقال شیشه‌ای مربوط باشد که نتیجه آن کاهش شکست در دانه‌های خشک‌تر خواهد بود(۱۱).

شکل ۶ نشان می‌دهد که برای ارقام مختلف در سرعت‌های متفاوت توپی سفیدکن، مقادیر مختلفی از شکست

مشاهده می‌شود. به عنوان مثال، همانطورکه از نمودار مذکور پیداست برای رقم خزر، با افزایش دور توپی سفیدکن از ۶۰۰ تا ۷۰۰ دور در دقیقه، در مقایسه با ارقام دیگر، مقدار شکست برنج سفید، کاهش

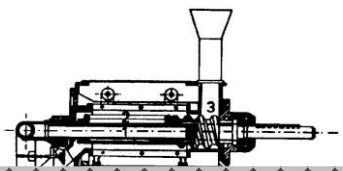
محسوس‌تری از خود نشان می‌دهد. در توجیه این پدیده شاید بتوان گفت با افزایش سرعت توپی سفیدکن، سرعتی که تحت آن، اثر منفی ناشی از افزایش ضربات مکانیکی توپی بر اثر مثبت ناشی از سرعت انتقال دانه‌ها (در نتیجه کمتر قرار گرفتن در معرض تنش‌های حرارتی و مکانیکی)در مسیر محفظه سفیدکن غلبه می‌نماید، برای ارقام مختلف فرق می‌کند. در مجموع، سرعت دورانی ۸۰۰ دور دردقیقه، بهترین سرعت ارزیابی می‌شود.

همانگونه که در شکل ۷ دیده می شود در سطوح مختلف رطوبتی برای ارقام مورد بررسی، از نظر تغییرات در مقدار شکست برنج سفید خروجی، روند افزایشی نامنظمی دیده می‌شود. در رطوبت ۱۳-۱۲ درصد، مقدار شکست ارقام غریب و بینام تقریباً یکسان است و در فاصله محدوده رطوبتی ۱۱-۱۰ درصد تا محدوده رطوبتی ۱۳-۱۲ درصد، تغییرات در مقدار شکست برنج غریب، بیشتر از دو رقم دیگر می‌باشد که البته با توجه به ساختمان متفاوت ارقام مختلف برنج نباید توقع داشت حالت گذر از دمای بالای انتقال شیشه‌ای(سخت‌شدن نشاسته درون دانه برنج در اثر از دست رفتن رطوبت)برای تمامی ارقام برنج، با یک سرعت و با یک روند هماهنگ نسبت به تغییرات رطوبت صورت گیرد.

همچنین نتایج حاکی از آن بود که اثر متقابل سه‌گانه عوامل سرعت توپی- جریان‌هوا - رطوبت شلتوک و اثر متقابل سه‌گانه عوامل رقم- رطوبت شلتوک – جریان هوا در سطح احتمال ۱٪ بر درصد شکست برنج سفید حاصله معنی‌دار گردید.

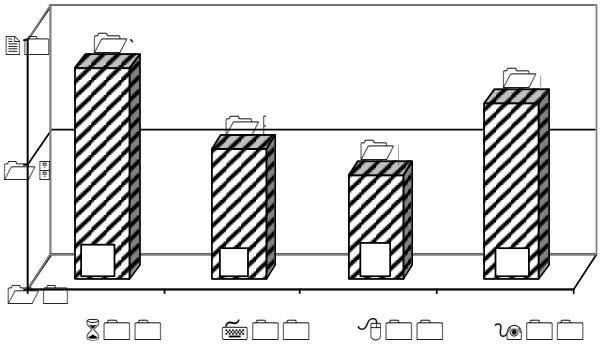
اثر متقابل رقم- رطوبت شلتوک – جریان هوا، نشان می‌دهد که به‌طورکلی بین درصد شکست ارقام مختلف در سطوح متفاوت جریان هوا و رطوبت شلتوک، اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

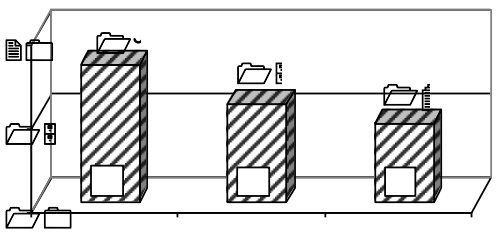
اثر متقابل چهار عامل مورد بررسی نیز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردیده است. این امر نشان می‌دهد که به طور کلی بین اثر تیمارهای مختلف آزمایش اول از نظر مقدار شکست برنج سفید اختلاف معنی‌داری دیده می‌شود که البته مطابق با جدول ۱، این اختلافات به‌ویژه در سطح احتمال ۵٪ ، به لحاظ کوچکتر شدن محدوده‌های غیرمعنی‌داری تیمارها، وضوح بیشتری دارد. جدول مذکور نشان می‌دهد تیمارهای $R_3\ G\ A1$ ، $M1$ $R_3\ B\ A1\ M1$و $R_3\ K\ A1\ M1$، که به ترتیب مربوط به ارقام غریب، بینام و خزر می‌باشند در یک طیف غیرمعنی‌داری واقع شده‌اند. تیمارهای مذکور دارای چهار وجه مشترک می‌باشند. اول آنکه در دامنه غیر معنی‌داری حداقل شکست قرار دارند. دوم آنکه سرعت توپی سفیدکن در هر سه مورد ۸۰۰ دور در دقیقه بوده ، سوم آنکه درصد رطوبت شلتوک در این تیمارها ۹-۸ درصد می‌باشد و بالاخره اینکه جریان هوا در همه این تیمارها اعمال شده‌است. مقایسات نشان می‌دهد که در هیچ محدوده دیگری، چنین وضعیت مشابهی برای سه رقم غریب، بینام و خزر مشاهده نمی‌شود. البته این نکته نیز نباید از نظر دور نگاه داشته شود که بدون شک برنج‌های خشک، به‌ویژه در مناطق شمالی کشورمان، بازارپسندی بسیار مطلوبی دارند بنابراین از این لحاظ نیز انتخاب و توصیه این تیمارها(دور توپی ۸۰۰ دور در دقیقه و رطوبت شلتوک ۹-۸ درصد) به عنوان بهترین تیمارها، مناسب است و در کل با توجه به ارجحیت تیمارهای با دمش جریان هوا بر تیمارهای بدون دمش جریان هوا و در نتیجه اثبات مزیت ارسال هوا به درون محصول در حال تبدیل، توصیه می‌شود که از سفیدکن‌های مالشی به شکل دمشی استفاده گردد.

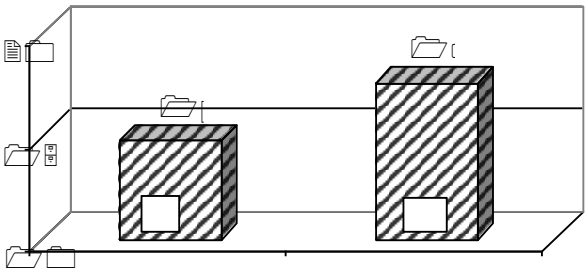


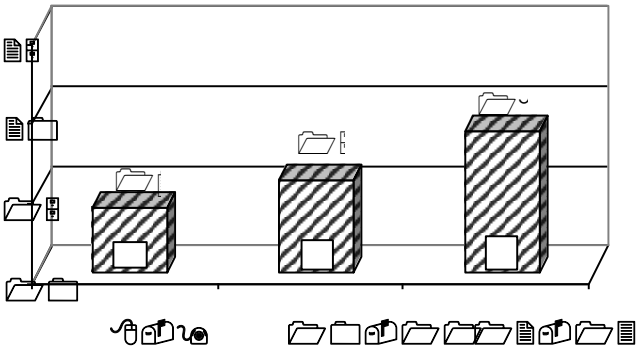
شکل ۱-اجزاء تشکیل‌دهنده سفیدکن مالشی‌دمشی: ۱- محور توخالی ۲- توپی ۳- مارپیچ انتقال ۴- پروانه‌باد

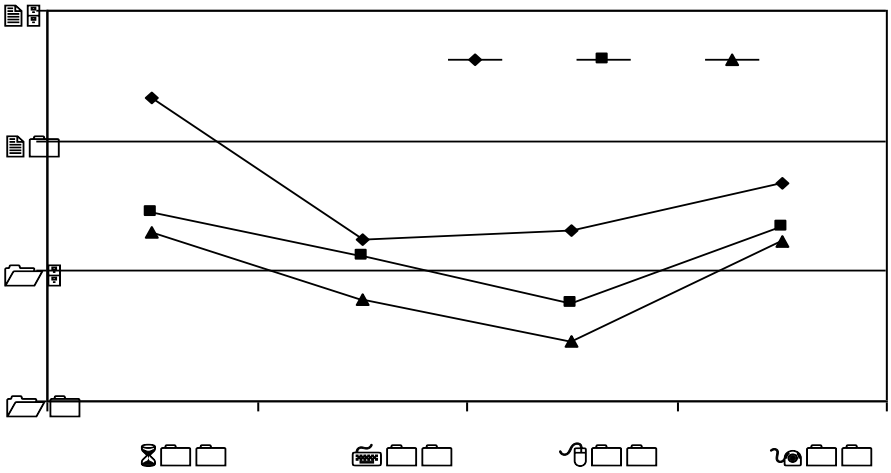
۵- محفظه مشبک شش‌گوش ۶- دریچه‌های تنظیم حجم باد ۷- پیچ تنظیم فاصله توپی تا سیتکا(۷).

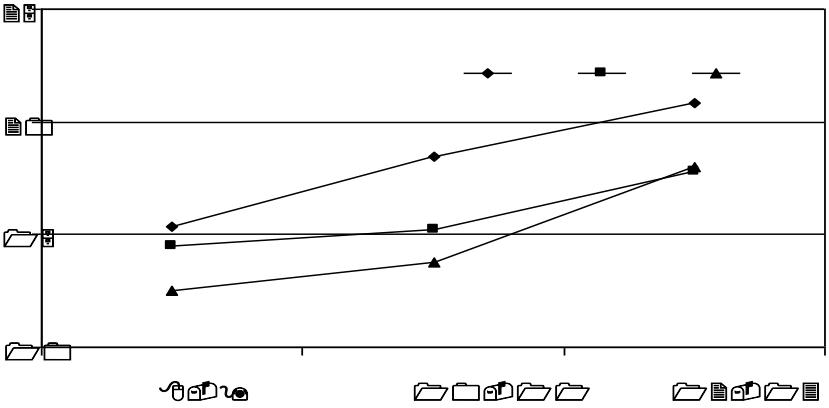












جدول ۱ – مقایسه میانگین کل تیمارها برای صفت شکست

*سطوح معنی‌داری		درصد شکست	رطوبت شلتوک[۴]	جریان هوا [۳]	رقم[۲]	سرعت توپی[۱]
A		۲۹/۱۲	*M3*	*A2*	*K*	*R4*
AB		۲۸/۴۳	*M3*	*A2*	*K*	*R1*
BC		۲۴/۲۸	*M3*	*A2*	*K*	*R3*
BCD		۲۳/۷۹	*M3*	*A1*	*G*	*R1*

R1	K	A1	M2	۲۳/۶۵	BCD
R1	K	A2	M1	۲۳/۳۹	CDE
R1	K	A1	M3	۲۳/۲۰	CDE
R1	G	A2	M2	۲۱/۷۱	CDEF
R4	K	A1	M2	۲۱/۳۲	CDEFG
R2	K	A2	M1	۲۰/۹۷	CDEFGH
R1	B	A2	M2	۲۰/۸۷	CDEFGHI
R4	B	A2	M3	۲۰/۳۷	CDEFGHIJ
R4	B	A2	M2	۲۰/۲۶	CDEFGHIJK
R4	G	A2	M3	۲۰/۲۳	CDEFGHIJKL
R2	G	A1	M3	۲۰/۲۲	CDEFGHIJKL
R2	B	A2	M3	۲۰/۱۵	CDEFGHIJKL
R1	B	A1	M3	۱۹/۹۲	CDEFGHIJKLM
R2	K	A1	M3	۱۹/۸۳	CDEFGHIJKLM
R1	B	A2	M3	۱۹/۵۸	CDEFGHIJKLMN
R3	K	A1	M2	۱۹/۳۹	CDEFGHIJKLMN
R1	K	A2	M2	۱۹/۳۴	CDEFGHIJKLMN
R4	G	A1	M3	۱۸/۸۶	DEFGHIJKLMNO
R2	K	A2	M2	۱۸/۴۸	EFGHIJKLMNO
R2	G	A2	M2	۱۸/۳۰	EFGHIJKLMNO
R4	K	A1	M1	۱۸/۳۰	EFGHIJKLMNO
R3	B	A2	M3	۱۷/۹۸	FGHIJKLMNOP
R4	G	A2	M2	۱۷/۸۴	FGHIJKLMNOPQ
R1	B	A2	M1	۱۷/۷۱	FGHIJKLMNOPQR
R1	G	A2	M3	۱۶/۶۶	GHIJKLMNOPQRS
R2	B	A2	M1	۱۶/۳۷	GHIJKLMNOPQRST
R4	B	A1	M1	۱۶/۲۳	HIJKLMNOPQRST
R3	K	A2	M2	۱۶/۱۹	HIJKLMNOPQRST
R2	K	A2	M3	۱۶/۱۹	HIJKLMNOPQRST
R2	B	A1	M2	۱۶/۱۴	HIJKLMNOPQRST
R4	B	A1	M3	۱۵/۹۵	IJKLMNOPQRSTU
R4	K	A2	M1	۱۵/۸۹	JKLMNOPQRSTU
R3	B	A1	M3	۱۵/۶۳	JKLMNOPQRSTUV

R3	K	A1	M3	١٥/٥٨	JKLMNOPQRSTUV
R2	G	A2	M3	١٥/٣٨	KLMNOPQRSTUV
R4	G	A2	M1	١٥/٣٦	LMNOPQRSTUV
R3	B	A2	M2	١٥/١٩	MNOPQRSTUVW
R2	K	A1	M2	١٥/١٣	MNOPQRSTUVW
R4	K	A2	M2	١٥/٠٩	MNOPQRSTUVW
R1	G	A2	M1	١٤/٩٦	NOPQRSTUVWX
R2	B	A1	M1	١٤/٩٦	NOPQRSTUVWX
R3	G	A1	M1	١٤/٩٣	NOPQRSTUVWX
R3	G	A2	M3	١٤/٥٤	OPQRSTUVWXY
R4	B	A2	M1	١٤/٣٨	OPQRSTUVWXY
R3	K	A2	M1	١٤/٢٩	OPQRSTUVWXY
R1	B	A1	M2	١٤/١٠	OPQRSTUVWXYZ
R3	G	A2	M2	١٣/٣٨	PQRSTUVWXYZ
R4	B	A1	M2	١٣/٣٥	PQRSTUVWXYZ
R2	B	A1	M3	١٣/٢٣	QRSTUVWXYZ
R4	G	A1	M2	١٣/١٩	QRSTUVWXYZ
R2	B	A2	M2	١٣/١٤	RSTUVWXYZ
R3	B	A2	M1	١٣/٠٢	STUVWXYZ
R1	K	A1	M1	١٣/٠٢	STUVWXYZ
R1	G	A1	M1	١٢/٩٠	STUVWXYZ
R1	B	A1	M1	١٢/٣٤	STUVWXYZ[
R4	K	A1	M3	١٢/٢٨	STUVWXYZ[\
R4	G	A1	M1	١٢/١٧	STUVWXYZ[\
R2	G	A1	M1	١٢/١١	TUVWXYZ[\
R3	G	A1	M1	١١/٥٤	UVWXYZ[\]
R3	B	A1	M1	١١/٣٩	VWXYZ[\]

R3	K	A1	M1	۱۰/۹۲	
R3	G	A2	M1	۱۰/۷۷	
R2	G	A2	M1	۱۰/۴۵	
R1	G	A1	M2	۱۰/۳۹	
R3	B	A1	M2	۱۰/۱۱	
R3	G	A1	M2	۸/۹۷	
R2	G	A1	M2	۸/۵۶	
R2	K	A1	M1	۸/۳۰	

* تیمارهایی که دارای حروف مشابه هستند، طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

۱ سرعت توپی سفیدکن شامل چهار دور R1=۶۰۰ و R2=۷۰۰ و R3=۸۰۰ و R4=۹۰۰ دور در دقیقه

۲ رقم شامل سه رقم خزر =K ، بینام =B و غریب = G

۳ جریان هوا شامل دوسطح با جریان هوا= A1 و بدون جریان هوا=A2

منابع مورد استفاده

۱- پیمان، م. ح. ، توکلی هشتجین، ت. و مینایی، س. ۱۳۷۸. تعیین فاصله مناسب بین غلتک‌ها در پوست‌کن غلتک لاستیکی برای تبدیل سه رقم برنج متداول در استان گیلان. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. مرکز انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. جلد (۵)، شماره (۲۰): ۴۸-۳۷.

۲- خوش ضمیر، ع. ۱۳۷۲. تعیین درجه حرارت مناسب برای خشکاندن و درصد مناسب در پروسه تبدیل. گزارش نهایی طرح مؤسسه تحقیقات برنج کشور(رشت).

۳- روحی، غ. ر. (۱۳۸۱). بررسی انرژی مصرفی برای پوست‌کنی وسفیدکنی سه رقم شلتوک رایج در استان گیلان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

۴- صبوری، ص. ۱۳۸۱. ارتفاع مناسب خشک‌کردن شلتوک در خشک‌کن‌های خوابیده. گزارش نهایی طرح پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور.

۵- فیروزی س. و علیزاده ، م. ر. ۱۳۸۱ . بررسی علل شکستگی دانه در فرآیند تبدیل شلتوک. گزارش نهایی طرح پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت.

6- *Afzalinia, S. , M. Shaker and E. Zare. 2002. Comparison of different rice milling methods. Department of Agricultural & Biosource Engineering. University of Saskatchewan, S K, Canada S7N5A9. www.engr.usask.ca/dept/asae-csae/papers/asaepapermbsk02-214.pdf*

7- *Aroullo, E. V. Depadua, D. B. and M. Graham. 1976. Rice Post Harvest Technology. International Development Research Center, Ottawa, Canada .*

8-*Farouk S.M. and M. N. Islam. 1995. Effect of parboiling and milling parameters on breakage of rice grains, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 26(4):33-38.*

9-*Lee. K. W. and O. R. Kunze. 1972. Temperature and moisture effects on mechanical properties of rice. Paper 72-338. Am. Soc. Agric. Eng. , St. Joseph, MI.*

10-*Mohammad A. R. , K. M. Abdul and A. Ahmad. 1996. Status of rice processing technology in Bangladesh, Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America.. 27(1): 46-50.*

11-*Zhang, Q. , W. Yang , Z. Sun and T. J. Siebenmorgen. 2002. A study of rice kernel fracture by three-point bending tests, Food Engineering: Food process engineering. Annual Meeting and Food Expo –Anaheim, California, September 2002.www. ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper-14467.htm.3k*