بررسی اثر اختلاف سرعت غلتک‌های پوست‌کن غلتکی لاستیکی و رطوبت شلتوک بر شاخص پوست‌کنی

سعید فیروزی[۱] ، محمدرضا علیزاده[۲] و سید بابک صلواتیان[۳]
۱ استادیار مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت
۲ استادیار مکانیک ماشینهای کشاورزی، موسسه تحقیقات برنج کشور، بخش فنی و مهندسی
۳ کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، پژوهشگاه چای کشور، بخش فنی و مهندسی

چکیده

ضایعات برنج در طی فرایند تبدیل شلتوک، خسارات زیادی را به شالیکاران کشور وارد می‌سازد. بنابراین تحقیق در خصوص تاثیر پارامترهای ماشینی دستگاه‌های تبدیل و اثر پارامترهای رقمی شلتوک بر عملکرد دستگاه-های تبدیل بسیار ضروری است. بدین منظور برای بررسی و تعیین مناسب‌ترین تنظیمات دستگاه پوست‌کن غلتکی لاستیکی مورد استفاده در کارگاه‌های شالیکوبی شمال کشور، تحقیقی در یکی از کارگاه‌های شالیکوبی استان گیلان صورت گرفت. در این پژوهش، اثر شش سطح اختلاف در سرعت محیطی غلتک‌های پوست‌کن غلتکی لاستیکی (۹۰، ۱۳٦، ۱۸۱، ۲۲۲، ۲٦۰ و ۳۰۲ متر بر دقیقه) و سه سطح رطوبت شلتوک (۹-۸ ، ۱۱-۱۰ و ۱۳-۱۲ درصد) بر شاخص پوست‌کنی دستگاه پوست‌کن غلتکی لاسنیکی جهت پوست کندن دو رقم شلتوک خزر و بینام مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش رطوبت شلتوک، شاخص پوست‌کنی به طور معنی-داری کم شد. با افزایش اختلاف در سرعت غلتک‌های پوست‌کن، ابتدا شاخص پوست‌کنی افزایش یافت و سپس کم شد. مقایسه میانگین‌های کل تیمارها نیز حاکی از آن بود که تیمارهای شامل اختلاف دور ۱۸۱ متر بر ثانیه و رطوبت ۹-۸ درصد بهترین تیمار برای شاخص پوست‌کنی دستگاه مورد بررسی به منظور پوست‌کنی ارقام خزر و بینام بوده است.

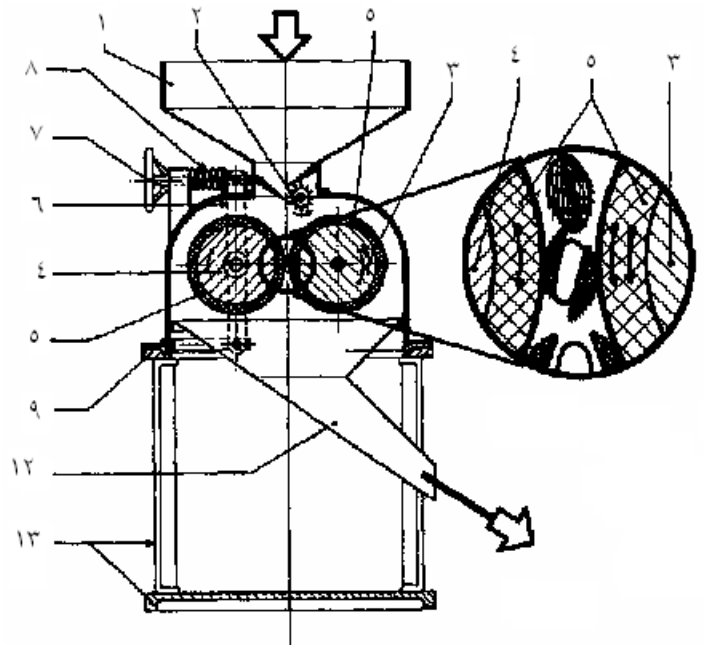
کلمات کلیدی: پوست‌کن غلتکی لاستیکی – شاخص پوست‌کنی – شلتوک- رطوبت

مقدمه

ضایعات برج سفید در ایران بیش از ٤۰۰ میلیارد است که بخش قابل توجهی از آن به عملکرد نامطلوب دستگاه‌های تبدیل شلتوک مربوط می‌شود. بنابراین شناخت پارامترهای مهم بر عملکرد دستگاه‌های تبدیل شلتوک و بررسی اثرات آنها بر کیفیت کار دستگاه و کمیت و کیفیت برنج خروجی بسیار با اهمیت است.

سیستم‌های تبدیل شلتوک بر حسب نوع سفیدکن به دو دسته سایشی و مالشی تقسیم‌بندی می‌شوند. شلتوک مورد تبدیل در سیستمهای سایشی، پس از عملیات پوست‌کنی، از طریق سایش دانه‌های برنج قهوه‌ای بر روی اجزاء

ساینده دستگاه‌های سفیدکن، سفید می‌شوند در صورتیکه در انواع مالشی، عمل سبوس‌برداری به کمک مالش دانه-های برنج قهوه‌ای با مقداری شلتوک پوست‌دار شکل می‌گیرد. فارغ از نوع سیستم تبدیل شلتوک، همواره تاکید بر آن بوده است که از پوست‌کن غلتکی لاستیکی استفاده گردد. این پوست‌کن، همانطورکه در شکل ۱ دیده می‌شود، از دو غلتک لاستیکی هم اندازه با سرعت‌های مختلف تشکیل شده که خلاف جهت یکدیگر دوران می‌کنند. عمل پوست‌کنی شلتوک به کمک اصطکاک و اختلاف سرعت غلتک‌ها انجام می‌شود. اصطکاک بین لاستیک رویه



شکل ۱- پوست‌کن غلتکی لاستیکی و اجزاء آن: ۱- قیف تغذیه ۲ – غلتک تغذیه ۳- غلتک تند ٤- غلتک کند ۵- سطح لاستیکی ٦- اهرم تنظیم غلتک ۷- چرخ دستی تنظیم غلتک ۸ – فنر فشاری ۹- اتاقک ۱۰ – پولی محرک ۱۱- شوت تخلیه ۱۲- شاسی و پایه.

غلتک‌ها و فاصله غلتک‌ها، سرعت دورانی غلتک‌ها و نوع و رقم شلتوک از عوامل موثر بر عملکرد دستگاه‌های پوست‌کن محسوب می‌شوند. از آنجائیکه پارامترهای ماشینی تاثیر قابل توجهی بر عملکرد آنها دارند لذا مکرراً مشاهده می‌شود که برنج خروجی این دستگاه دارای مقادیر زیادی خرد است و به علاوه تنظیمات نا مناسب دستگاه می‌تواند منجر به بهروه‌ری غیرکامل آن گردد. به نحوی که با وجود کم شدن مقدار خرد برنج قهوه‌ای، مقدار شلتوک پوست کنده نشده آن بالاست که در این صورت اگر سیستم تبدیل از نوع مدرن سایشی باشد، پس از جدا سازی دانه‌های قهوه‌ای و شلتوک از یکدیگر که در دستگاهی به نام پادیه شکل می‌گیرد، شلتوک پوست‌دار، مجدداً وارد پوست‌کن می‌شود که این امر مستلزم اعمال تنش‌های مکانیکی بیشتر به دانه‌های شلتوک است. پژوهشگران تحقیقات اندکی را در خصوص بررسی تاثیر پارامترهای عملکردی دستگاه پوست‌کن غلتکی لاستیکی انجام داده-اند که این تحقیقات عمدتاً در مقیاس آزمایشگاهی بوده‌اند. Payman و همکاران در سال ۲۰۰٦ در پژوهش خود، اثر چهار سطح اختلاف سرعت محیطی غلتک‌های پوست‌کن آزمایشگاهی را بر عملکرد دستگاه، بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که این عامل اثر معنی‌داری بر عملکرد پوست‌کن آزمایشگاهی داشته است. در ضمن مناسب‌ترین تفاوت سرعت برابر با ۲۳٦/۷ متر بر دقیقه به دست آمد(۷). Tavakoli و همکاران (۲۰۰۲) به

این نتیجه رسید که مناسب‌ترین فاصله غلتک‌های پوست‌کن‌های غلتکی لاستیکی آزمایشگاهی برای ارقام شلتوک بینام، خزر و سپیدرود، برابر با ۰/٤٥ تا ۰/٦٥ میلی متر است(۸). Garibaldi در تحقیق خود به این نتیجه رسید که مناسب‌ترین نسبت سرعت غلتک کند به غلتک تند ۰/۷۵ تا ۰/۸ است(۵). بنابراین چون اکثر تحقیقات انجام گرفته بر روی پوست‌کن‌های آزمایشگاهی بوده و داده‌های مناسبی در خصوص تاثیر اختلاف در سرعت محیطی غلتک-های پوست‌کن صنعتی برای ارقام بینام و خزر وجود ندارد. از این رو در این تحقیق سعی بر آن است اثر این عامل ماشینی و اثرات دو عامل مهم رقمی یعنی رقم و رطوبت شلتوک بر صفت مهم شاخص پوست‌کنی مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روشها

این پژوهش در یکی از کارگاه‌های شالیکوبی استان گیلان بر روی یک دستگاه پوست‌کن غلتکی لاستیکی انجام گرفت. این دستگاه دارای یک جفت غلتک لاستیکی نو بوده و توان لازم برای گردش غلتک‌های آن از یک الکتروموتور با توان kw ۱۵ به کمک تسمه و پولی به غلتک‌ها انتقال داده می‌شد.

شلتوک مورد آزمایش از انواع متداول بینام و خزر انتخاب گردید. برای جلوگیری از تاثیر اثرات به‌زراعی بر مقایسات نهایی تصمیم بر آن شد تا شلتوک آزمایشی لازم از یک مزرعه تهیه شود. بدین ترتیب با توجه به اعمال شرایط برابر در مراقبت از محصول، شلتوک تهیه شده از یکنواختی مناسبی برخوردار بود. در ضمن سعی گردید که درصد ترک دانه‌های درون پوسته شلتوک از ۵ درصد تجاوز نکند.

متغیرهای مورد بررسی شامل رقم شلتوک در دو سطح خزر و بینام، رطوبت شلتوک در سه سطح ۹-۸ ، ۱۱-۱۰ و ۱۳-۱۲ درصد و اختلاف در سرعت محیطی غلتک‌های پوست‌کن در شش سطح شامل ۹۰، ۱۳٦، ۱۸۱، ۲۲۲، ۲٦۰ و ۳۰۲ متر بر دقیقه در نظر گرفته شدند. با توجه به مشکلات مربوط به اعمال سطوح مختلف سرعت محیطی غلتک‌ها و خطای ناشی از تغییرات مکرر آن بر آزمایشات، از این رو اجباراً از آزمایش کرت‌های دو بار خرد شده استفاده گردید. بنابراین رقم شلتوک در دو سطح به عنوان عامل اصلی، اختلاف در سرعت محیطی غلتک‌های پوست‌کن در شش سطح به عنوان عامل فرعی اول و رطوبت شلتوک در سه سطح به عنوان عامل فرعی دوم در نظر گرفته شدند.

برای انجام آزمایش، نیاز به خشک کردن شلتوک بود. از این رو برای خشک کردن شلتوک از یک خشک‌کن خوابیده تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر استفاده گردید(۲). دمای خشک‌کن در محدوده ۳۵ تا ٤۰ درجه سانتیگراد تنظیم شد(۱). هر ۱۵ دقیقه یک بار، با استفاده از رطوبت‌سنج، درصد رطوبت شلتوک تعیین می‌گردید. پس از رسیدن به سطوح رطوبتی مورد نظر، خشک‌کن بلافاصله خاموش شده و شلتوک‌ها درون کیسه‌های پلاستیکی، قرار داده شدند تا بدین‌ترتیب از تبادل رطوبت با هوای محیط جلوگیری شود. لازم به ذکر است سطوح رطوبتی مذکور با توجه به بازار پسندی بهتر برنج‌های خشک، انتخاب گردیدند(۳).

برای تغییر سرعت غلتک‌ها از رابطه $\frac{N_1}{N_2}=\frac{D_2}{D_1}$ استفاده گردید. در این رابطه N_1 و N_2 به ترتیب سرعت دورانی پولی‌های محرک (محور سر موتور) و متحرک غلتک‌ها بوده و D_1 و D_2 قطر پولی‌های سر محور موتور و محور غلتک‌های پوست‌کن غلتکی لاستیکی می‌باشند. بدین ترتیب با در نظر گرفتن دور مشخص الکتروموتور و

رابطه دور در دقیقه محور و سرعت محیطی غلتک‌های پوست‌کن، قطر پولی‌های محرک و متحرک مورد محاسبه قرار گرفت. رابطه زیر برای محاسبه سرعت محیطی غلتک‌ها استفاده گردید:

$$S = \pi \times D \times N$$

که در این رابطه:

S = سرعت محیطی غلتک (m/s)

D = قطر غلتک‌ها (m)

N = سرعت دورانی غلتک (rpm)

پس از محاسبه قطر پولی‌ها، شش عدد پولی دو شیار برای سر محور الکتروموتور محرک ساخته شد. ابتدا پولی‌ها، ریخته‌گری شده و سپس عملیات تراشکاری بر روی آنها انجام گرفت. آزمون دستگاه پوست‌کن با پولی-های ساخته شده نشان داد که با پولی‌های مورد طراحی، شش سطح تقریبی اختلاف در سرعت محیطی غلتک‌های پوست‌کن غلتکی لاستیکی شامل ۹۰، ۱۳۶، ۱۸۱، ۲۲۲، ۲۶۰ و ۳۰۲ متر بر دقیقه حاصل گردید.

صفت اصلی مورد بررسی که بیانگر عملکرد دستگاه پوست‌کن غلتکی لاستیکی می‌باشد، شاخصی معتبر به نام شاخص پوست‌کنی است. این شاخص از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$HI = 100 \times (\frac{W_2}{W_1})(\frac{W_3}{W_1 - W_2 - W_4})$$

که در این رابطه:

HI= شاخص پوست‌کنی (٪)

W_1 = جرم شلتوک ورودی به درون پوست‌کن(g)

W_2 = جرم شلتوک پوست کنده نشده (g)

W_3 = جرم برنج قهوه‌ای سالم (g)

W_4 = جرم پوست برنج (g)

در مرحله انجام آزمایش، بسته‌های ده کیلوگرمی شلتوک خشک شده ، مطابق با نقشه طرح آزمایشی به درون قیف دستگاه ریخته شد. خروجی دستگاه پوست کن شامل برنج قهوه‌ای سالم و شکسته، شلتوک پوست کنده نشده است که به صورت یک جا از خروجی قابل دسترس پوست‌کن جمع‌آوری گردید و درون کیسه‌های پلاستیکی نگاهداری گردید. پوست شلتوک نیز از خروجی انباره به کمک کیسه جمع‌آوری و توزین گردید. عمل تفکیک شلتوک از برنج قهوه‌ای به صورت دستی و جداسازی برنج قهوه‌ای سالم و شکسته به کمک دستگاه الک ارتعاشی انجام شد. طبق تعریف، دانه سالم به دانه‌ای گفته می‌شود که طول آن از سه چهارم طول یک دانه کامل بیشتر باشد (٤).

در ادامه با تکمیل جداسازی موارد لازم برای محاسبه شاخص پوست‌کنی، جرم هر یک از اقلام جمع‌آوری شده به کمک یک دستگاه ترازوی دقیق اندازه‌گیری شده و ثبت گردید. سپس شاخص پوست‌کنی برای هر آزمایش، محاسبه گردید و به کمک نرم افزار آماری MSTATC ، تجزیه و تحلیل‌های لازم انجام گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱، نتایج تجزیه واریانس داده‌های شاخص پوست‌کنی را نشان می‌دهد. نتایج جدول مذکور حاکی از آن است که اثرات رقم شلتوک، اختلاف در سرعت محیطی غلتک‌های پوست‌کن و همچنین اثر رطوبت شلتوک در سطح احتمال ۱٪ بر صفت شاخص پوست‌کنی معنی‌دار بوده است.

مطابق شکل ۲، شاخص پوست‌کنی شلتوک رقم بینام از رقم خزر بیشتر است این موضوع می‌تواند به قابلیت پوست‌گیری بهتر و راحت‌تر و همچنین احتمالاً مقاومت بیشتر این رقم به خرد شدگی مربوط باشد زیرا یکی از پارامترهای مهم در محاسبه شاخص پوست‌کنی دستگاه، جرم برنج سالم است. با توجه به رابطه شاخص پوست-کنی، جرم برنج قهوه‌ای سالم در صورت فرمول قرار گرفته است که نتیجه آن مقدار بیشتر شاخص برای ارقام مقاوم‌تر است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌های صفت شاخص پوست‌کنی برای دستگاه پوست‌کن غلتکی لاستیکی

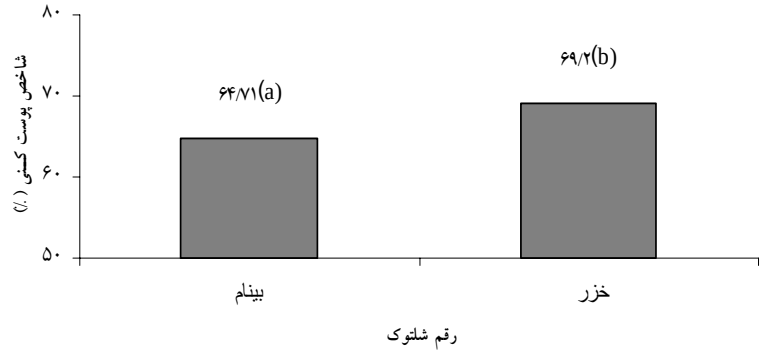
منابع تغییرات	درجه آزادی(df)	میانگین مربعات**(MS)**
تکرار	۲	
رقم شلتوک	۱	٥٤٤/۲۳۳ **
خطا	۲	٤/۰۸۹
اختلاف در سرعت محیطی غلتک‌ها	٥	۳۹۷/۰۱۹ **
رقم × اختلاف سرعت محیطی غلتک‌ها	٥	۳۳/۰۲۱ **
خطا	۲۰	٥/۲۸٤
رطوبت شلتوک	۲	۸۷٥/۸٤٥ **
رقم شلتوک × رطوبت شلتوک	۲	۱۹/۸٥ ns
اختلاف × تفاوت سرعت محیطی غلتک‌ها × رطوبت	۱۰	۷۹/۱۷٤ *
رقم × تفاوت سرعت محیطی غلتک‌ها × رطوبت شلتوک	۱۰	٤۹/۹۷٤ ns
خطا	٤۸	۳٤/٦۲۲

c. v.= ٪۸/۷۹

×× معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱

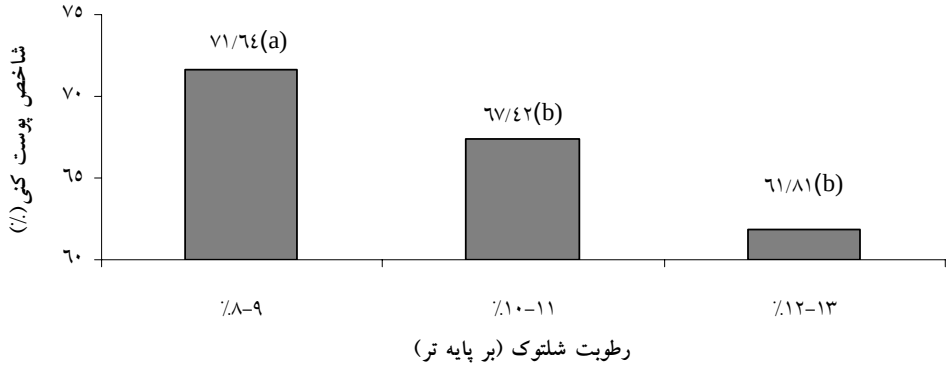
× معنی دار در سطح احتمال ۰/۰٥

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار



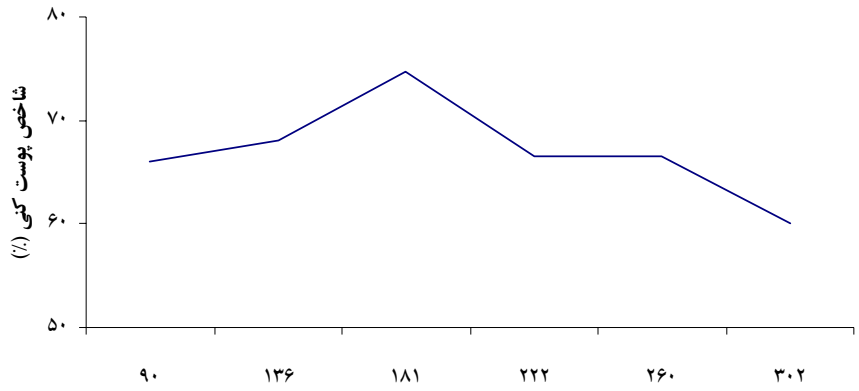
شکل ۲- مقایسه شاخص پوست کنی دستگاه پوست کن غلتکی لاستیکی برای دو رقم شلتوک خزر و بینام (دانکن ۱٪)

شکل ۳، نیز نشان می‌دهد که بین اثر سطوح مختلف رطوبت شلتوک بر شاخص پوست‌کنی دستگاه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. مطابق با این نمودار، با افزایش رطوبت، شاخص پوست‌کنی کم شده است که البته در توجیه آن می‌توان به مقاومت کمتر شلتوک مرطوب در مقابل تنش‌های مکانیکی اشاره کرد که در تحقیقات فیروزی و همکاران(۱۳۸٤) به آن اشاره شده است(۳). این مقاومت کم می‌تواند جرم برنج قهوه‌ای سالم را در مقابل جرم برنج خرد شده کمتر کرده و در نتیجه، شاخص پوست‌کنی برای سطوح بالای رطوبتی شلتوک، کمتر شود.



شکل ۳- مقایسه میانگینهای شاخص پوست کنی شلتوک در سطوح مختلف رطوبت شلتوک (دانکن ۱٪)

همانطورکه قبلاً گفته شد، اثر تفاوت در سرعت محیطی غلتک‌های پوست‌کن بر شاخص پوست‌کنی معنی‌دار بوده است. شکل ٤، این اثر را نشان می‌دهد. مطابق با این نمودار، با افزایش اختلاف در سرعت محیطی غلتک‌های پوست‌کن، ابتدا شاخص پوست‌کنی شلتوک افزایش یافت و پس از آن در مقدار ۱۸۱ متر بر دقیقه به حداکثر خود



شکل ٤- مقایسه میانگینهای شاخص پوست کنی در سطوح متفاوت اختلاف در سرعت غلتکهای پوست کن غلتکی لاستیکی

رسیده و در ادامه روندی نزولی داشته است. این موضوع می‌تواند به سرعت عبور مواد و مدت و شدت فشارهای وارده از طرف غلتک‌های پوست‌کن مربوط باشد. به نحوی که در سطح ۱۸۱ متر بر دقیقه این اثرات منجر به دستیابی به مناسب‌ترین شاخص پوست‌کنی گردیده است.

جدول ۲ ، مقایسه کل شاخصهای پوست‌کنی را برای تیمارهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. مطابق با این جدول در تیمارهای $C_1\ N_3\ M_1$ و $C_2\ N_3\ M_1$ که به ترتیب مشخص کننده تیمار رقم خزر – تفاوت دور غلتک-های ۱۸۱ متر بر دقیقه – رطوبت شلتوک ۹-۸ درصد و تیمار رقم بینام – تفاوت دور غلتک‌های ۱۸۱ متر بر دقیقه – رطوبت شلتوک ۹-۸ درصد هستند، مقدار شاخص پوست‌کنی بیشترین مقدار را داشته است و در نتیجه به عنوان مناسب‌ترین ترکیب قابل توصیه‌اند.

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های پوست‌کنی برای کل تیمارهای مورد بررسی

تیمار	شاخص پوست‌کنی	*
C2 N3 M1	۷۹/۸۳	A
C1 N3 M1	۷٦/۰۹	AB
C2 N2 M1	٦۷/۳٦	BC
C2 N5 M1	٦٥/٦۹	CD
C2 N1 M2	٦۳/٥۱	CD
C2 N3 M2	٦۳/۲۱	CDE
C2 N2 M2	٦۲/۹۲	CDE
C2 N3 M3	٦۱/۸۹	CDEF
C2 N4 M1	٦۱/٥٤	CDEFG
C2 N4 M2	٦۰/۷۷	CDEFG
C2 N6 M1	٦۰/٤٤	CDEFG
C1 N1 M1	٦۰/٤۰	CDEFG
C1 N2 M1	٦۰/۰۲	CDEFGH
C2 N5 M2	٥۹/۹۱	CDEFGH
C1 N5 M1	٥۹/۳٤	CDEFGHI
C1 N4 M1	٥۹/۰۷	CDEFGHI
C1 N2 M3	٥۸/۳۳	CDEFGHI
C1 N3 M2	٥۸/۲٦	CDEFGHI
C1 N4 M2	٥۷/۹۸	CDEFGHI
C2 N1 M1	٥۷/۸۹	CDEFGHI
C1 N5 M2	٥۷/۲٥	CDEFGHI
C2 N1 M3	٥٦/۳۳	CDEFGHI
C1 N1 M2	٥٦/۰۲	CDEFGHI
C2 N6 M2	٥٥/۲٦	DEFGHIJ
C1 N4 M3	٥٤/۹۸	DEFGHIJ
C2 N5 M3	٥٤/٦۰	DEFGHIJ
C1 N3 M3	٥٤/٥٥	DEFGHIJ
C1 N2 M2	٥۳/۹۷	DEFGHIJ
C2 N2 M3	٥۲/۰۲	EFGHIJ
C1N6 M2	٥۱/۹۷	EFGHIJ
C2N4 M3	٥۰/٤٥	FGHIJ
C2N6 M3	٥۰/۰۰	GHIJ
C1N5 M3	٤۸/۲۷	HIJ
C1N1 M3	۱۱/٤۸	IJ
C1N6 M3	۱۷/٤٤	J
C1N6 M1	٤٤/۰۲	J

* تیمارهای دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪)

C1 شلتوک رقم خزر و C2 شلتوک رقم بینام ، N1 الی N6 : اختلاف در سرعت غلتک‌ها: ۹۰، ۱۳٦، ۱۸۱، ۲۲۲، ۲٦۰ و ۳۰۲ (m/min)

M1، M2 و M3 به ترتیب رطوبت شلتوک در سه سطح: ۹-۸، ۱۱-۱۰ و ۱۳-۱۲ درصد.

منابع مورد استفاده

۱- خوش ضمیر، ع. ۱۳۷۲. تعیین درجه حرارت مناسب برای خشکاندن و درصد مناسب در پروسه تبدیل. گزارش نهایی طرح مؤسسه تحقیقات برنج کشور : ۱۷-۱.

۲- صبوری، ص. ۱۳۸۱. ارتفاع مناسب خشک‌کردن شلتوک در خشک‌کن‌های خوابیده. گزارش نهایی طرح پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور : ۲۱-۱.

۳- فیروزی، س. ، مینایی، س. و م. ح. پیمان. ۱۳۸٤. بررسی اثر پارامترهای موثر بر شکست برنج در سفیدکن‌های مالشی دمشی. مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد (۱۹)، شماره (۲): ۱۵۹- ۱٤۷.

4-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.

5-Garibaldi, F. 1981. Rice milling equipment operation and maintenance. FAO Agric. Services Bull. Rome, No. 22, M-17, ISBN 92-5-101095-1.

6-Juma Omar, S. and R. Yamashita. 1987. Rice Drying , Husking and Milling- Part II Husking. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 18(4): 43-46.

7-Payman, M. , Bagheri, M. R. Alizadeh and R. Roohi. 2006. Effective parameters of broken rice during paddy hulling using rubber roll huller. Journal of Biological Sciences, 7(1): 45-71.

8- Tavakoli, T. , M. H. Payman, M. Alizadeh and M. H. Khoshtaghaza, 2002. Effect of moisture content and linear speed on paddy dehulling quality. International conference on Agricultural Engineering, BUDAPEST, pp: 168-169.