



## به‌سازی عملکرد دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی شلتوک با به‌کارگیری

### سامانه تنظیم خودکار

سعید مینایی<sup>۱</sup>، محمد شاکر<sup>۲\*</sup>، محمد هادی خوش تقاضا<sup>۱</sup>، احمد بناکار<sup>۳</sup> و عبدالعباس جعفری<sup>۴</sup>

۱- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۴- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

ایمیل مکاتبه کننده: m.shaker1348@gmail.com

#### چکیده

در این تحقیق، از یک دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی شلتوک نوع آزمایشگاهی استفاده شد. رطوبت شلتوک با به‌کارگیری یک مدار الکترونیکی و حسگر رطوبت اندازه‌گیری گردید. از یک استپ موتور به منظور تنظیم فاصله غلتک‌ها استفاده شد. برای تنظیم سرعت دورانی موتور دستگاه، اینورتر تکفاز به سه فاز به‌کار گرفته شد. شرایط کاری دستگاه پوست‌کن، با اعمال تیمارهای رطوبت شلتوک، فاصله بین غلتک‌ها و سرعت دورانی موتور، بر روی دو رقم شلتوک بررسی و فاکتورهای شاخص پوست‌کنی، درصد پوست‌کنی و درصد شکستگی برنج اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که با انتخاب تیمار مناسب برای شلتوک دانه متوسط، میانگین شاخص پوست‌کنی برابر با ۸۲/۶۵ درصد و شکستگی برنج برابر با ۳/۸۸ درصد بود. برای شلتوک دانه بلند میانگین شاخص پوست‌کنی و شکستگی برنج به ترتیب برابر با ۵۱/۴۰ و ۲۷/۴۶ درصد بود. نتایج در سامانه، برنامه‌ریزی و تنظیم شد و با نصب آن بر روی دستگاه موجب گردید که مناسب‌ترین شرایط کاری برای دستگاه پوست‌کن به صورت خودکار فراهم گردد.

**واژه‌های کلیدی:** پوست‌کن، شلتوک، برنج قهوه‌ای، تنظیم خودکار

#### مقدمه

محصول برنج از مهم‌ترین مواد غذایی بشر به شمار می‌رود و به‌علت وجود ویتامین‌ها، مواد معدنی و نشاسته به عنوان یک ماده غذایی پر مصرف می‌باشد. با توجه به روند روبه رشد افزایش جمعیت، محدودیت‌های موجود در افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و بحران کم‌آبی، کاهش ضایعات محصول برنج از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از جمله مراحل که در روند تولید برنج نقش داشته و در بحث تلفات اهمیت دارد فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید می‌باشد که شامل چهار مرحله‌ی کلی تمیزکردن، پوست‌کندن، سفیدکردن و درجه‌بندی برنج



است. در هر یک از مراحل فوق آسیب‌هایی بر برنج وارد می‌گردد، که البته بیشتر از جنبه کیفی دارای اهمیت می‌باشد. کیفیت برنج با استفاده از شاخص‌هایی نظیر سالم، شکسته، ترک‌دار، گچی، نارس، خشکیده و آسیب‌دیده بیان می‌شود. با توجه به اینکه قیمت برنج شکسته، حدود نصف قیمت برنج سالم می‌باشد، این موضوع از دیدگاه اقتصادی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است (پیمان و همکاران، ۱۳۷۸).

به دلیل ماهیت عملیات پوست‌کنی شلتوک در فرآیند تبدیل، بخشی از ضایعات کیفی در این مرحله ظاهر می‌گردد زیرا این عملیات مکانیکی بوده و از شدت و پیچیدگی خاصی برخوردار است. از آنجا که عوامل مختلفی از جمله رقم و رطوبت شلتوک، فاصله بین غلتک‌ها و سرعت دورانی موتور محرک بر عملکرد دستگاه پوست‌کن تاثیرگذار می‌باشد، لذا به‌کارگیری فناوری‌های نوین، می‌تواند راه‌کاری مؤثر و دقیق در کنترل و به‌سازی عملکرد دستگاه‌های پوست‌کن باشد. هدف از اجرای این پژوهش، استفاده از سامانه تنظیم خودکار به‌منظور به‌سازی عملکرد دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی شلتوک می‌باشد. به نحوی که در یک دستگاه پوست‌کن پس از انتخاب نوع شلتوک، بر حسب رطوبت آن، فاصله غلتک‌ها و سرعت دورانی موتور محرک در حد بهینه خود بر اساس بیشترین درصد پوست‌کنی و کمترین درصد شکستگی برنج بدون دخالت اپراتور به صورت خودکار تنظیم گردد.

در تحقیقی، بین دو نوع پوست‌کن غلتک لاستیکی و تیغه‌ای از نظر درصد شکستگی برنج قهوه‌ای خروجی دستگاه مقایسه‌ای انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین درصد شکستگی برنج در پوست‌کن غلتک لاستیکی برابر با ۹/۳ درصد و در نوع تیغه‌ای برابر با ۱۷/۶ درصد بود (افضلی‌نیا و شاکر، ۱۳۸۳).

محدوده‌های مختلف رطوبت شلتوک از نظر درصد ترک و شکستگی برنج بر روی ارقام دانه متوسط و دانه بلند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین محدوده رطوبتی شلتوک ارقام دانه بلند برای تبدیل به برنج، محدوده ۱۰ تا ۱۲ درصد بود. در شلتوک‌های دانه متوسط، مشخص گردید که ۸ تا ۱۰ درصد مناسب‌ترین محدوده رطوبتی می‌باشد (شاکر، ۱۳۸۵).

به منظور مقایسه مقدار ضایعات تبدیل برنج، دو روش ۱- پوست‌کن غلتک لاستیکی + سفیدکن تیغه‌ای و ۲- پوست‌کن تیغه‌ای + سفیدکن تیغه‌ای، بر روی سه رقم هاشمی، بینام و خزر بررسی گردید. در هر یک از دو روش، درصد خرده برنج قهوه‌ای و سفید اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میانگین مقدار خرده برنج قهوه‌ای در دو روش اول و دوم به ترتیب ۷/۰۶٪ و ۱۰/۰۵٪ بود. همچنین مشخص گردید که مقدار خرده برنج سفید در روش اول ۱۹/۴۱٪ و در روش دوم ۲۲/۶۰٪ بود (علی‌زاده و پیمان، ۱۳۸۳).

دو نوع پوست‌کن غلتک لاستیکی و تیغه‌ای با سه سطح پوست‌گیری شلتوک برای رقم هاشمی مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق درصد خرد، راندمان تبدیل و درجه سفیدی نمونه‌ها تعیین گردید. نتایج نشان داد که استفاده از ماشین پوست‌کن غلتک لاستیکی توانست درصد خرد برنج را برای رقم هاشمی ۵۸/۲ درصد براساس وزن برنج و ۴/۵ درصد براساس وزن شلتوک اولیه کم کند (صبوری و روفی‌گری، ۱۳۹۲).

در تحقیقی اثر اختلاف سرعت محیطی غلتک‌ها و رطوبت شلتوک در یک پوست‌کن غلتک لاستیکی بر روی شاخص پوست‌کنی و درصد برنج شکسته مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات بر روی دو رقم شلتوک بینام و خزر،



در ۶ سطح اختلاف سرعت محیطی غلتک‌ها و ۳ سطح رطوبت شلتوک انجام گردید. نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت شلتوک از ۸-۹ به ۱۲-۱۳ درصد، میانگین درصد دانه‌های شکسته از ۱۳ به ۱۴/۶۱ درصد افزایش و شاخص پوست‌کنی از ۷۱/۶۴ به ۶۱/۸۱ درصد کاهش یافته است (Firouzi et al., 2010).

### مواد و روش‌ها

برای اجرای این پژوهش، از یک دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی شلتوک نوع آزمایشگاهی استفاده گردید (شکل ۱). سامانه تنظیم خودکار بر این اساس طراحی گردید که شلتوک ورودی به دستگاه ابتدا رطوبت‌سنجی شود و سپس بر حسب نوع و مقدار رطوبت شلتوک، فاصله بین غلتک‌ها و سرعت دورانی موتور محرک به مقدار بهینه خود از نظر بیشترین مقدار شاخص و درصد پوست‌کنی و کمترین مقدار درصد شکستگی برنج تنظیم گردد. برای این منظور مراحل زیر اجرا شد:



شکل ۱- دستگاه پوست‌کن شلتوک و سامانه تنظیم خودکار

### ۱-۲- دستگاه رطوبت‌سنج شلتوک

به منظور اندازه‌گیری رطوبت شلتوک ورودی به دستگاه پوست‌کن، یک مدار الکترونیکی با حسگر مدل SHT 15 تهیه و آزمایشات لازم برای کالیبراسیون آن با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج دانه مدل رسا ۳۰۰۰ (ساخت موسسه الکترونیک صنعتی البرز با دقت اندازه‌گیری  $\pm 0.1\%$ ) که با دستگاه آون کالیبره شده بود انجام گردید (شکل ۱). از آزمایشات انجام شده، مشخص گردید که وقتی عدد نشان داده شده در صفحه نمایشگر حسگر بین ۵۳ تا ۵۴ بود رطوبت شلتوک در محدوده ۱۰-۹٪ قرار داشت و وقتی عدد صفحه نمایشگر بین ۶۳ تا ۶۴ بود رطوبت شلتوک در محدوده ۱۲-۱۱٪ قرار داشت.

### ۲-۲- تنظیم فاصله بین غلتک‌ها و نصب استپ موتور

با توجه به اینکه تنظیم فاصله بین غلتک‌های پوست‌کن بوسیله چرخاندن یک شافت انجام می‌شد، لذا لازم بود حدود گشتاور مورد نیاز برای چرخش آن و همچنین زاویه حرکت شافت برای تنظیم فاصله‌های مورد نیاز بین غلتک‌ها (۰/۲۵، ۰/۴۵، ۰/۶۵، ۰/۸۵ و ۱/۰۵ میلی‌متر) اندازه‌گیری شود. برای اندازه‌گیری گشتاور، از یک نیروسنج



دیجیتالی (مدل WeiHeng با دقت ۱۰ گرم) استفاده شد و بوسیله آن مقدار گشتاور مورد نیاز بین ۱۴/۲۵ تا ۱۵/۲ کیلوگرم نیرو در سانتی متر محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری زاویه حرکت شافت، یک مقاله ۳۶۰ درجه اطراف آن نصب گردید و با استفاده از شاخصی که روی شافت نصب شد، زاویه حرکت آن اندازه‌گیری گردید. نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. فاصله بین غلتک‌ها نیز بوسیله فیلر (با دقت ۰/۰۵ میلی‌متر) اندازه‌گیری گردید. با توجه به گشتاور مورد نیاز و زاویه حرکت شافت، استپ موتور مدل 57PH20 با گشتاور ۲ نیوتن متر و زاویه چرخش ۱/۸ درجه انتخاب و تهیه گردید. برای اتصال استپ موتور به شافت دستگاه پوست‌کن، از دو عدد چرخ‌دنده آلومینیومی به منظور افزایش گشتاور استفاده گردید.

جدول ۱- محدوده زاویه چرخش شافت و فاصله بین غلتک‌ها

محدوده زاویه چرخش شافت (درجه)	محدوده فاصله غلتک‌ها (میلی‌متر)
۰-۱	۰/۲ - ۰/۳
۹۵ - ۹۷	۰/۴ - ۰/۵
۱۶۷ - ۱۶۹	۰/۶ - ۰/۷
۲۵۲ - ۲۵۴	۰/۸ - ۰/۹
۳۰۹ - ۳۱۱	۱/۰ - ۱/۱

## ۲-۳- تنظیم سرعت دورانی الکتروموتور با به‌کارگیری دستگاه اینورتر

با توجه به اینکه الکتروموتور نصب شده بر روی دستگاه پوست‌کن از نوع تک‌فاز با توان ۰/۲۵ کیلووات و سرعت ۱۵۰۰ دور بر دقیقه بود، برای کنترل و تنظیم سرعت دورانی آن ابتدا یک الکتروموتور سه فاز با همان مشخصات، به جای تک‌فاز روی دستگاه پوست‌کن نصب گردید و سپس اینورتر تک‌فاز به سه فاز مدل LS600-20-5S با توان ۰/۴ کیلووات تهیه و پس از تنظیم الکتروموتور به صورت مثلث، با اینورتر راه‌اندازی شد (شکل ۱). به‌منظور تنظیم سرعت دورانی الکتروموتور محرک دستگاه پوست‌کن و تعیین سرعت خطی غلتک‌های تندگرد و کندگرد، با به‌کارگیری اینورتر و سرعت‌سنج مدل Pantec DTM 30 آزمایشی انجام و محدوده سرعت دورانی الکتروموتور، عدد اینورتر و سرعت دورانی غلتک‌ها و همچنین سرعت خطی آنها تعیین گردید (جدول ۲). لازم به ذکر است که قطر غلتک‌های تند و کند به ترتیب ۱۰/۵ و ۱۱ سانتی‌متر بود.

## ۲-۴- تعیین شرایط کاری دستگاه پوست‌کن شلتوک

به‌منظور تعیین شرایط کاری دستگاه پوست‌کن، با اعمال تیمارهای رطوبت شلتوک (در دو محدوده رطوبتی ۱۰-۱۲٪ و ۸-۱۰٪)، فاصله بین غلتک‌ها (در ۵ سطح  $C1=1/05$ ,  $C2=0/85$ ,  $C3=0/65$ ,  $C4=0/45$  و  $C5=0/25$  میلی‌متر) و سرعت دورانی موتور محرک (در ۳ سطح  $R1=1500$ ,  $R2=1450$  و  $R3=1400$  دور بر دقیقه) بر روی دو رقم شلتوک (دانه متوسط و دانه بلند)، فاکتورهای شاخص پوست‌کنی، درصد پوست‌کنی و درصد شکستگی برنج مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. با توجه به اینکه اثر رقم شلتوک بر درصد پوست‌کنی و



جدول ۲- سرعت دورانی الکتروموتور محرک و سرعت‌های دورانی و خطی غلتک‌های تند و کند

محدوده سرعت	عدد	سرعت دورانی	سرعت دورانی	سرعت دورانی	سرعت دورانی	سرعت خطی	سرعت خطی	اختلاف
ردیف	اینورتر	دورانی	دورانی	دورانی غلتک	دورانی غلتک تند	سرعت خطی	سرعت خطی	سرعت خطی
	آزمایش	موتور	غلتک تند	کند	غلتک تند	غلتک کند	غلتک کند	غلتک‌ها
	rpm	rpm	rpm	rpm	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
۱	۱۵۰۰-۱۵۱۰	۵۲	۱۵۱۰	۱۷۳۰	۱۰۷۲	۹۵۱	۶۱۷	۳۳۴
۲	۱۴۵۰-۱۴۶۰	۵۰	۱۴۵۰	۱۶۵۰	۱۰۲۹	۹۰۷	۵۹۳	۳۱۴
۳	۱۴۱۰-۱۴۰۰	۴۸	۱۳۹۵	۱۶۰۶	۹۹۰	۸۸۳	۵۷۰	۳۱۳

۱- سرعت دورانی موتور محرک در حالت عادی، ۲- سرعت دورانی موتور محرک ۵۰ دور کمتر، ۳- سرعت دورانی موتور محرک ۱۰۰ دور کمتر

شکستگی برنج مورد نیاز نبود، لذا آزمایش بر روی دو رقم شلتوک بطور مجزا انجام شد. از طرح آماری فاکتوریل با ۳ فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و از آزمون دانکن نیز برای مقایسه بین میانگین‌ها بهره‌گیری گردید. ابتدا حدود ۶۰ کیلوگرم شلتوک دانه متوسط (رقم لنجان) و دانه بلند (رقم شمیم) تهیه و در دو محدوده رطوبتی مورد نظر با استفاده از آفتاب خشک گردید. اندازه‌گیری رطوبت با به‌کارگیری دستگاه رطوبت‌سنج رسا ۳۰۰۰ که قبل از استفاده با آون کالیبره شده بود انجام پذیرفت.

در هر آزمایش پس از تنظیم فاصله غلتک‌ها و سرعت دورانی موتور، مقدار ۲۰۰ گرم شلتوک وارد دستگاه پوست‌کن شد. پس از انجام پوست‌گیری، خروجی دستگاه که شامل شلتوک، برنج قهوه‌ای سالم و شکسته بود به همراه برچسب درون پلاستیک ریخته شد. ضمناً پوست شلتوک‌ها درون پلاستیک جداگانه‌ای ریخته و توزین گردید. پس از پایان آزمایش‌ها، در هر نمونه دانه‌های شلتوک، برنج قهوه‌ای سالم و شکسته بطور دستی از یکدیگر تفکیک و پس از توزین، یادداشت برداری شد. داده‌های خام به نرم‌افزار اکسل منتقل و محاسبات لازم انجام شد. فاکتور شاخص پوست‌کنی از رابطه (۱) محاسبه گردید. درصد پوست‌کنی شلتوک برابر با نسبت دانه‌های برنج قهوه‌ای سالم به مجموع دانه‌های شلتوک و برنج قهوه‌ای سالم و درصد شکستگی برنج برابر با نسبت دانه‌های شکسته به مجموع دانه‌های برنج قهوه‌ای سالم و شکسته می‌باشد. بعد از محاسبه فاکتورهای فوق، آنالیز آماری داده‌ها به کمک نرم‌افزار SAS انجام و نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها بدست آمد.

$$HI = 100 \left( 1 - \frac{W_2}{W_1} \right) \left( \frac{W_3}{W_1 - W_2 - W_4} \right) \quad (1)$$

$W_1$  = وزن شلتوک وارد شده به پوست‌کن (g)

HI = شاخص پوست‌کنی (%)

$W_3$  = وزن برنج قهوه‌ای سالم (g)

$W_2$  = وزن شلتوک خارج شده از پوست‌کن (g)

$W_4$  = وزن پوست (g)



## ۲-۵- سامانه تنظیم خودکار

این سامانه شامل دستگاه رطوبت سنج به همراه حسگر مربوطه، برد الکترونیکی میکروکنترلر و عملگرهای آن یعنی استپ موتور برای تنظیم فاصله غلتکها و اینورتر برای تنظیم سرعت دورانی موتور میباشد که توضیحات لازم برای هر بخش ارائه گردید (شکل ۱). برای نوع شلتوک از یک کلید دو وضعیتی استفاده شده که برحسب دانه متوسط یا دانه بلند بودن شلتوک، یکی از این دو وضعیت توسط اپراتور انتخاب می‌گردد. سپس شلتوک به درون مخزن ورودی دستگاه پوست‌کن که حسگر رطوبت‌سنج در آن تعبیه گردیده ریخته می‌شود. بعد از سنجش رطوبت، اگر رطوبت شلتوک در محدوده ۸ تا ۱۰ درصد بود سیگنالی به سامانه تنظیم خودکار ارسال می‌گردد و بر اساس نتایج بدست آمده از شرایط کاری دستگاه پوست‌کن، فاصله بین غلتکها و سرعت دورانی الکتروموتور محرک دستگاه به مقدار بهینه خود از نظر بیشترین شاخص و درصد پوست‌کنی و کمترین درصد شکستگی برنج، تنظیم می‌گردد. اگر رطوبت شلتوک در محدوده ۱۰ تا ۱۲ درصد بود سیگنال دیگری به سامانه ارسال و تنظیمات مورد نیاز به طور خودکار انجام می‌پذیرد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مقادیر شاخص پوست‌کنی، درصد پوست‌کنی و درصد شکستگی برنج برای شلتوک دانه متوسط رقم لنجان در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس مقادیر شاخص و درصد پوست‌کنی و درصد شکستگی برنج برای شلتوک دانه متوسط رقم لنجان

میانگین مربعات				
منابع	درجه آزادی	شاخص پوست‌کنی	درصد شکستگی برنج	درصد پوست‌کنی
سرعت دورانی موتور (R)	۲	۴/۸۸ ns	۱۰/۲۶**	۱۲/۳۷*
فاصله غلتکها (C)	۴	۹۹۸/۳۲**	۲/۰۲**	۱۲۲۵/۳۷**
اثر متقابل R * C	۸	۳/۴۸ ns	۰/۲۶ ns	۲/۱۳ ns
رطوبت شلتوک (M)	۱	۸۳/۳۷**	۱۵۷/۱۳**	۱۰۰/۷۸**
اثر متقابل R * M	۲	۳/۳۹ ns	۱/۳۸ ns	۰/۲۸ ns
اثر متقابل C * M	۴	۷۰/۴۴**	۰/۲۴ ns	۱۰۱/۰۳**
اثر متقابل R * C * M	۸	۳/۴۷ ns	۰/۲۷ ns	۱/۴۲ ns
خطا	۶۰	۳/۹۹	۰/۵۱	۲/۷۱

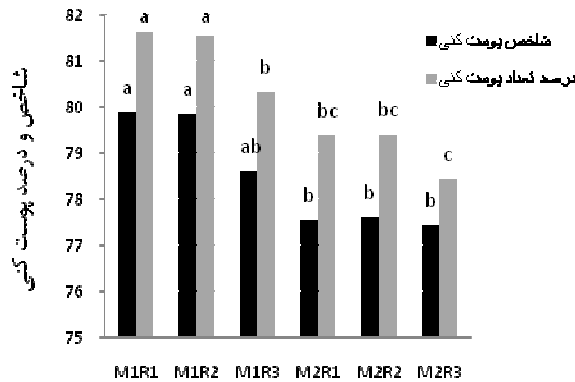
\*\* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ - \* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ - ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

مقایسه میانگین‌های مقادیر شاخص پوست‌کنی، درصد پوست‌کنی و درصد شکستگی برنج در اثر متقابل رطوبت شلتوک و سرعت دورانی موتور در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده و حاکی از آن است که بیشترین شاخص پوست‌کنی در رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد و سرعت دورانی ۱۵۰۰ دور بر دقیقه با مقدار ۷۹/۸۹ درصد و کمترین مقدار شاخص پوست‌کنی در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد و سرعت دورانی ۱۴۰۰ دور بر دقیقه با ۷۷/۴۴ درصد می‌باشد که از نظر آماری نیز اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود دارد. به نظر می‌رسد چون با کاهش سرعت دورانی موتور، سرعت



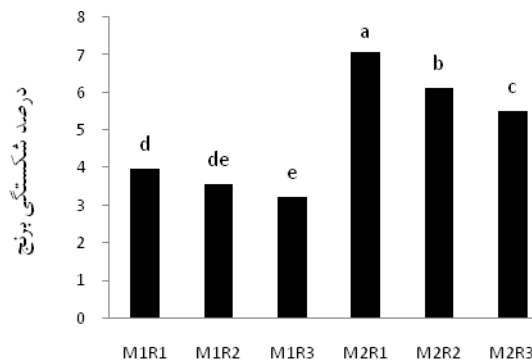
خطی غلتک‌ها و اختلاف سرعت خطی غلتک‌های تند و کند، کاهش می‌یابد لذا این موضوع بر شاخص و درصد پوست‌کنی تاثیر گذار بوده و باعث کاهش آن شده است.

از نظر درصد شکستگی برنج، بیشترین مقدار در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد و سرعت دورانی ۱۵۰۰ دور بر دقیقه با ۷/۰۹ درصد و کمترین مقدار در رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد و سرعت دورانی ۱۴۰۰ دور بر دقیقه با ۳/۲۳ درصد می‌باشد که از نظر آماری نیز دارای اختلاف معنی‌داری است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که شکستگی برنج با سرعت دورانی موتور نسبت مستقیم دارد و با کاهش سرعت دورانی موتور، شکستگی برنج نیز تقلیل می‌یابد. به نظر می‌رسد با کاهش سرعت دورانی موتور، ضربات و تنش فشاری کمتری توسط غلتک‌های لاستیکی به دانه‌های برنج وارد می‌گردد و لذا باعث می‌شود میزان شکستگی برنج تقلیل یابد.



اثر متقابل رطوبت شلتوک و سرعت دورانی موتور

شکل ۲- مقایسه میانگین‌های شاخص و درصد پوست‌کنی در اثر متقابل رطوبت شلتوک و سرعت دورانی موتور



اثر متقابل رطوبت شلتوک و سرعت دورانی موتور

شکل ۳- مقایسه میانگین‌های درصد شکستگی برنج در اثر متقابل رطوبت شلتوک و سرعت دورانی موتور  
موضوع دیگری که از شکل ۳ می‌توان نتیجه گرفت، تاثیر رطوبت شلتوک بر درصد شکستگی برنج می‌باشد و نشان می‌دهد که با کاهش رطوبت شلتوک، شکستگی برنج تا حدود دو برابر افزایش یافته است. با کاهش رطوبت چون مقاومت دانه در برابر تنش‌های وارده کاهش یافته لذا شکستگی برنج نیز بیشتر شده است.



مقایسه میانگین‌های مقادیر شاخص پوست‌کنی و درصد پوست‌کنی در اثر متقابل رطوبت شلتوک و فاصله غلتک‌ها نشان می‌دهد که بیشترین شاخص پوست‌کنی در رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد و فاصله غلتک‌ها ۰/۲۵ میلی‌متر با مقدار ۸۵/۴۵ درصد و کمترین مقدار شاخص پوست‌کنی در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد و فاصله غلتک‌ها ۱/۰۵ میلی‌متر با ۶۲/۱۷ درصد می‌باشد که از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. در رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد بیشترین و کمترین مقدار شاخص پوست‌کنی به ترتیب در فاصله غلتک‌های ۰/۲۵ و ۱/۰۵ میلی‌متر واقع شده و نشان می‌دهد که شاخص پوست‌کنی با فاصله غلتک‌ها نسبت عکس دارد یعنی با کاهش فاصله غلتک‌ها مقدار شاخص پوست‌کنی افزایش یافته است. به نظر می‌رسد چون با کاهش فاصله غلتک‌ها، دانه‌های بیشتری در معرض تنش و برخورد غلتک‌ها قرار می‌گیرند لذا درصد پوست‌گیری افزایش می‌یابد.

مقایسه میانگین‌های درصد شکستگی برنج در جدول ۴ ارائه شده و نشان می‌دهد که بیشترین مقدار این فاکتور در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد و فاصله غلتک‌ها ۰/۲۵ میلی‌متر با ۶/۶۶ درصد و کمترین مقدار در رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد و فاصله غلتک‌ها ۱/۰۵ میلی‌متر با ۳/۱۸ درصد می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های درصد شکستگی برنج در اثر متقابل رطوبت شلتوک و فاصله غلتک‌ها

اثر متقابل رطوبت شلتوک و فاصله غلتک‌ها	درصد شکستگی برنج
M1C1	۳/۱۸ d
M1C2	۳/۴۸ cd
M1C3	۳/۵۸ cd
M1C4	۳/۵۲ cd
M1C5	۴/۱۹ c
M2C1	۵/۹۸ ab
M2C2	۵/۸ b
M2C3	۶/۴۱ ab
M2C4	۶/۳۲ ab
M2C5	۶/۶۶ a

نتایج تجزیه واریانس مقادیر شاخص پوست‌کنی، درصد پوست‌کنی و درصد شکستگی برنج برای شلتوک دانه بلند رقم شمیم نشان داد که اثر فاصله غلتک‌ها، رطوبت شلتوک، اثر متقابل آنها و سرعت دورانی موتور بر شاخص پوست‌کنی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین مشخص گردید که اثر فاصله غلتک‌ها در سطح احتمال ۵٪ و رطوبت شلتوک در سطح احتمال ۱٪ بر درصد شکستگی برنج معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین‌های مقادیر شاخص پوست‌کنی، درصد پوست‌کنی و درصد شکستگی برنج در اثر متقابل رطوبت شلتوک و سرعت دورانی موتور نشان داد که بیشترین شاخص پوست‌کنی در رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد و سرعت دورانی ۱۵۰۰ دور بر دقیقه با مقدار ۴۹/۳۲ درصد و کمترین مقدار شاخص پوست‌کنی در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد و





سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور بر دقیقه با ۳۳/۹۶ درصد می‌باشد که از نظر آماری نیز اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود داشت.

از نظر درصد شکستگی برنج، بیشترین مقدار در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد و سرعت دورانی ۱۵۰۰ دور بر دقیقه با ۳۲/۳۶ درصد و کمترین مقدار در رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد و سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور بر دقیقه با ۲۷/۳۱ درصد می‌باشد که از نظر آماری اختلافشان معنی‌داری بود. با توجه به اینکه در شلتوک دانه بلند نسبت به دانه متوسط، طول برنج حدوداً ۱/۵ برابر بلندتر می‌باشد لذا میانگین شکستگی برنج دانه بلند، بیشتر از دانه متوسط است.

مقایسه میانگین‌های شاخص پوست‌کنی و درصد پوست‌کنی در اثر متقابل رطوبت شلتوک و فاصله غلتک‌ها نشان داد که بیشترین شاخص پوست‌کنی در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد و فاصله غلتک‌ها ۰/۲۵ میلی‌متر با مقدار ۵۴/۸۹ درصد و کمترین مقدار شاخص پوست‌کنی در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد و فاصله غلتک‌ها ۱/۰۵ میلی‌متر با ۲۰/۵۳ درصد می‌باشد که از نظر آماری اختلاف معنی‌دار داشتند.

مقایسه میانگین‌های درصد شکستگی برنج در اثر متقابل رطوبت شلتوک و فاصله غلتک‌ها نشان داد که بیشترین مقدار در رطوبت ۸ تا ۱۰ درصد و فاصله غلتک‌ها ۱/۰۵ میلی‌متر با ۳۳/۳۷ درصد و کمترین مقدار در رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد و فاصله غلتک‌ها ۰/۸۵ میلی‌متر با ۲۶/۱۹ درصد می‌باشد که از نظر آماری بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

با توجه به نتایج بدست آمده، میکروکنترلر سامانه تنظیم خودکار به گونه‌ای برنامه‌ریزی گردید که پس از انتخاب نوع شلتوک، بر حسب رطوبت آن فاصله غلتک‌ها و سرعت دورانی موتور محرک (که سرعت خطی و اختلاف سرعت خطی غلتک‌ها را تغییر می‌دهد) در حد بهینه خود بر اساس بیشترین درصد پوست‌کنی و کمترین درصد شکستگی برنج بدون دخالت اپراتور تنظیم گردد. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان عنوان نمود که در دستگاه‌های پوست‌کن نباید از ابتدا یک تنظیم در آنها انجام شود و برای هر نوع شلتوک با هر رطوبتی، تغییری در آن صورت نپذیرد. مخصوصاً سرعت دورانی موتور که معمولاً در کارگاه‌ها هیچ تغییری در آن داده نمی‌شود و با همان تنظیم اولیه عملیات پوست‌کنی انجام می‌گردد.

### نتیجه‌گیری

از بررسی و جمع‌بندی نتایج فوق مشخص گردید که برای شلتوک دانه متوسط رقم لنجان در رطوبت ۱۰-۱۲ درصد، فاصله غلتک‌ها ۰/۲۵ میلی‌متر و سرعت دورانی موتور ۱۴۵۰ دور بر دقیقه و در رطوبت ۱۰-۸ درصد، فاصله غلتک‌ها ۰/۲۵ میلی‌متر و سرعت دورانی موتور ۱۴۰۰ دور بر دقیقه، مناسب‌ترین تیمار از نظر فاکتورهای مورد بررسی بود. برای شلتوک دانه بلند رقم شمیم در رطوبت ۱۰-۱۲ درصد، فاصله غلتک‌ها ۰/۶۵ میلی‌متر و سرعت دورانی موتور ۱۴۵۰ دور بر دقیقه و در رطوبت ۱۰-۸ درصد، فاصله غلتک‌ها ۰/۲۵ میلی‌متر و سرعت دورانی موتور ۱۵۰۰ دور بر دقیقه، مناسب‌ترین تیمار بود. نتایج فوق در سامانه تنظیم خودکار، برنامه‌ریزی شد که با نصب آن بر روی دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی شلتوک قابل اجرا می‌باشد. این امر موجب گردید که مناسب‌ترین شرایط کاری برای دستگاه پوست‌کن با توجه به نوع شلتوک، رطوبت شلتوک، فاصله غلتک‌ها و سرعت



دورانی موتور با میانگین شاخص پوست‌کنی  $82/65$  درصد و شکستگی برنج  $3/88$  درصد برای شلتوک دانه متوسط و میانگین شاخص پوست‌کنی و شکستگی برنج به ترتیب برابر با  $51/40$  و  $27/46$  درصد برای شلتوک دانه بلند، به صورت خودکار فراهم گردد.

#### ۵- منابع و مآخذ

۱- افضل‌نیا، ص. و شاکر، م. ۱۳۸۳. مقایسه ترکیبات مختلف دستگاه‌های تبدیل برنج و انتخاب بهترین آنها. گزارش‌های طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ثبت ۸۳/۸۰۵.

۲- پیمان، م. ح. توکلی هشتجین، ت. و مینایی، س. ۱۳۷۸. تعیین فاصله مناسب بین غلطک‌ها در پوست‌کن غلطک لاستیکی برای تبدیل سه رقم برنج متداول در استان گیلان. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، دوره ۵ (۲۰).

۳- شاکر، م. ۱۳۸۵. تعیین مناسب‌ترین محدوده رطوبتی ارقام غالب شلتوک در زمان تبدیل به برنج در استان فارس. گزارش‌های طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ثبت ۸۵/۱۳۴۵.

۴- صبوری هلستانی، ص. و روفی‌گری حقیقت، ش. ۱۳۹۲. تأثیر نوع ماشین پوست‌کن و درصد پوست‌گیری شلتوک بر کیفیت برنج تولیدی. بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه شیراز.

۵- علی‌زاده، م. ر. و پیمان، م. ح. ۱۳۸۳. بررسی و مقایسه میزان ضایعات برنج در دو روش متداول تبدیل شلتوک به برنج سفید در استان گیلان. مجله علوم و صنایع کشاورزی، دوره ۱۸ (۱).

6. Firouzi, S., Alizadeh, M. R. & Minaei, S. 2010. Effect of rollers differential speed and paddy moisture content on performance of rubber roll husker. World Academy of Science, Engineering and Technology. Vol. 47, 687-690.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



## Improvement of Rubber Roll Paddy Husker Using Automatic Adjustment System

### Abstract

For this study, a laboratory rubber roller paddy husker was used. Automatic adjustment system was designed so that input paddy, the first is become hygrometry and then depending on the type and moisture content of the paddy, the distance between the rollers and the rotational speed of the driver motor to its optimum value is adjusted from viewpoint of the maximum value of the index and percentage of husking and the lowest of rice breakage percentage. Paddy moisture was measured using an electronic circuit and moisture sensor. A stepping motor was used to adjust the distance between the rollers. To regulate the rotational speed of the motor, inverter single-phase to three-phase was used. The treatments of paddy variety and moisture, the distance between the rollers and motor rotational speed was used for determining of working conditions of the husker device. The factors of husking index, percentage of husking and percentage of rice breakage was measured. The results showed that with selection of appropriate treatment, average of husking index and rice breakage for the medium kernel paddy were 82.65% and 3.88% respectively. For long kernel paddy the average of husking index and rice breakage were 51.40% and 27.46% respectively. Results in the system was planned and adjusted and with install it on the device that caused the most appropriate working conditions for husker device will automatically be provided.

**Keywords :** husker, paddy, brown rice, automatic adjustment