

بررسی انرژی مصرفی در عملیات پوست کنی شلتوک

میر حسین پیمان^۱ - رضا روحی^۲ - محمد رضا علیزاده^۳ - سعید مینایی^۴

چکیده

نقش انرژی در توسعه و کارایی کشاورزی مدرن غیر قابل انکار می‌باشد. امروزه در دنیا تمام تلاش‌ها بر این استوار است که مصرف انرژی در انجام فرآیندهای مختلف کاهش یابد و به حداقل برسد. برنج نیز بعنوان یکی از مهمترین غلات تولید شده در دنیا، انرژی زیادی را از مرحله کاشت تا تبدیل شلتوک به برنج سفید مصرف می‌کند، که مقدار زیادی از این انرژی مصرفی، ناشی از بکارگیری سوخت‌های فسیلی و انرژی الکتریکی می‌باشد. در این تحقیق با بررسی انرژی مصرفی برای پوست کنی شلتوک و ضایعات کیفی ایجاد شده، راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی با حداقل ضایعات ممکن ارائه می‌گردد. سه رقم بینام، خزر و علی کاظمی برای انجام تحقیقات در نظر گرفته شدند. سطوح رطوبتی مورد استفاده در آزمایشها ۱۴-۱۲/۵، ۱۱-۱۲/۵ و ۱۱-۹/۵ درصد بر پایه تر بود. همچنین تغییر دورها در این تحقیق بگونه‌ای در نظر گرفته شد که اختلاف سرعت خطی غلتکها، بین حدود ۲۰۰ تا ۲۷۵ متر بر دقیقه تغییر نماید. نتایج آزمایشها نشان داد که با افزایش اختلاف سرعت محیطی غلتکها تا سطح ۲۳۶/۷ متر بر دقیقه، انرژی مصرفی پوست کنی افزایش می‌یابد. در اختلاف سرعت محیطی ۲۷۲/۷ متر بر دقیقه، به علت عدم انجام صحیح فرآیند پوست کنی، انرژی پوست کنی به طور معنی داری کاهش می‌یابد. در اختلاف سرعت محیطی ۲۰۰/۸ متر بر دقیقه غلتکها، بیشترین راندمان انرژی مصرفی پوست کنی حاصل شد. نتایج نشان داد که راندمان انرژی مصرفی پوست کنی ارقام بینام و خزر بطور معنی داری بیشتر از رقم علی کاظمی می‌باشد همچنین با کاهش محتوای رطوبتی شلتوکها تا ۱۱-۹/۵ درصد، انرژی مصرفی پوست کنی کاهش و راندمان آن افزایش می‌یابد.

۱- استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه گیلان

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس

۳- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور

۴- عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس

۲- واژه های کلیدی

انرژی - برنج - پوست کن غلتک لاستیکی - سرعت دورانی - رطوبت

۳- مقدمه

نقش انرژی در توسعه و کارایی کشاورزی مدرن غیر قابل انکار می باشد. با توجه به بحران انرژی، که امروزه در دنیا موضوع اصلی مورد بحث دانشمندان و سیاست گذاران می باشد، تمام تلاش ها بر این استوار است که مصرف انرژی در انجام فرآیندهای مختلف کاهش یابد و به حداقل برسد. برنج نیز بعنوان دومین محصول کشاورزی کشور ما، انرژی زیادی را از مرحله کشت تا تبدیل شلتوک به برنج سفید مصرف می کند، که مقدار زیادی از این انرژی مصرفی، ناشی از بکارگیری سوخت های فسیلی و انرژی الکتریکی می باشد. درصد قابل توجهی از انرژی مصرفی در مرحله تبدیل شلتوک به برنج، در مراحل خشک کردن، پوست کردن و سفید کردن مصرف می شود..

پوست کن های غلتک لاستیکی یکی از انواع پوست کن ها می باشند که در عملیات پوست کنی شلتوک مورد استفاده قرار گرفته و دارای مزیت های بیشتری نسبت به سایر انواع هستند. در این پوست کن، شلتوک از بین دو غلتک با روکش لاستیکی که در جهت مخالف یکدیگر و با سرعت های مختلف می چرخند عبور کرده و فشرده و پوست کنده خواهد شد. در این روش پوست کنی، به علت خاصیت ارتجاعی روکش لاستیکی غلتکها، خطر شکستن دانه کمتر می باشد (Garibaldi, 1974). آن قسمت از پوست شلتوک که در تماس با غلتک با سرعت بیشتر قرار می گیرد، تحت تاثیر نیروی برشی قرار گرفته و قسمت دیگر آن که در تماس با غلتک با سرعت کمتر قرار گرفته، تحت تاثیر نیروی فشاری قرار می گیرد و بدین طریق عمل پوست کنی صورت می گیرد (Chakraverty, 1988). بهترین حالت پوست کنی در شرایطی انجام می شود که انرژی ویژه پوست کنی حداقل و شاخص پوست کنی حداکثر باشد. برای تعیین عملکرد پوست کن از نظر مصرف انرژی و کیفیت پوست کنی راندمان انرژی پوست کنی ارائه شده است (Shtitanda et al, 1999):

$$\eta = \frac{HI}{100 \times E} \quad (1)$$

که در آن داریم:

$$\eta = \text{راندمان انرژی پوست کنی (kg/kg)} \quad HI = \text{شاخص پوست کنی (.)}$$

$$E = \text{انرژی ویژه پوست کنی (kJ/kg)}$$

انرژی ویژه پوست کنی که برابر با انرژی مورد نیاز برای پوست کنی کامل یک کیلوگرم شلتوک می باشد،

توسط رابطه تجربی زیر محاسبه می شود (Nishiyama, 1995):

$$E = 2\mu P \phi_n l_n \quad (2)$$

که در آن داریم:

$E =$ انرژی ویژه پوست کنی (kJ/kg) $\mu =$ ضریب اصطکاک بین پوسته شلتوک و لاستیک پوست کن (بدون واحد)

$P =$ نیروی ویژه عمودی وارد بر واحد وزن شلتوک (KN/kg) $\phi_n =$ نسبت سرعت دورانی غلتکها (بدون واحد)
 بررسی‌ها نشان می‌دهد که مهمترین عوامل موثر بر انرژی مصرف شده در مراحل پوست کنی و سفید کردن برنج، دور غلتک‌های پوست کن، رطوبت شلتوک و زمان سفیدکنی می‌باشد (Nishiyama, 1995). به منظور دستیابی به عاملی برای تعیین کارایی ماشین پوست کن معیار تازه ای به نام شاخص پوست کنی معرفی شد که از رابطه زیر برای تعیین آن استفاده می شود (Anonymous, 1981):

$$HI = 100 \left(1 - \frac{W_2}{W_1}\right) \left(\frac{W_3}{W_1 - W_2 - W_4}\right) \quad (3)$$

$HI =$ شاخص پوست کنی (/.)

$W_1 =$ وزن شلتوک وارد شده به پوست کن (gr) $W_2 =$ وزن شلتوک پوست نکنده (gr)

$W_3 =$ وزن برنج قهوه‌ای سالم (gr) $W_4 =$ وزن پوست (gr)

بدین ترتیب می‌توان از شاخص پوست کنی، برای تنظیم و تعیین وضعیت مناسب پوست کنی استفاده کرد. متأسفانه تاکنون میزان انرژی مصرفی توسط پوست کن و سفیدکن در حین عملیات تبدیل در کشور ما بررسی نشده است. لذا در این تحقیق سعی بر این است که با بررسی انرژی مصرفی برای پوست کنی شلتوک برنج و تعیین اثر پارامترهای مختلف بر میزان انرژی مصرفی، راهکارهایی برای کاهش مصرف ارائه شود.

۴- مواد و روشها

در این تحقیق اثر سه عامل بر میزان انرژی مصرفی در ماشینهای پوست کن غلتک لاستیکی مورد مطالعه قرار گرفت. که عبارت بودند از اختلاف سرعت خطی بین غلتکها، رقم و رطوبت. با توجه به اهمیت ارقام در استان گیلان، سه رقم شلتوک علی کاظمی، بینام و خزر برای انجام آزمایشها در نظر گرفته شدند. از آنجا که اجرای آزمایشها در قالب طرح آماری مورد نظر در مقیاس واقعی بسیار گران تمام می شد و همچنین به دلیل سهولت در انجام تنظیمات، برای انجام آزمایشگاهها از یک پوست کن غلتک لاستیکی آزمایشگاهی استفاده شد. دستگاه فوق قابلیت تغییر دور غلتکهای پوست کن را برای ایجاد اختلاف در سرعت خطی غلتکها دارا بوده و مقدار شلتوک کمی برای هر آزمایش نیاز دارد و کیفیت کار آن قبلاً مورد ارزیابی قرار گرفته بود (۳ و ۴). بررسی مینایی و پیمان (۱۳۷۹) نشان داد که بیشتر پوست کن های رایج در کشور ساخت کارخانه ایساکا و مدل HC600 می باشد که اختلاف سرعت خطی بین دو غلتک آنها تقریباً برابر ۲۵۵ متر بر دقیقه می باشد. لذا تغییر دورها در این تحقیق بگونه‌ای در نظر گرفته شد که اختلاف سرعت خطی غلتکها، بین حدود ۲۰۰ تا ۲۷۵ متر بر دقیقه و در چهار سطح مختلف تغییر نماید. تغییر دورها بکمک تغییر قطر پولی سر غلتکها انجام گرفت. با توجه به سطوح رطوبتی مورد استفاده سایر محققین و شرایط موجود در آزمایشگاه سه سطح رطوبتی ۱۴-۱۲/۵، ۱۱-۱۲/۵ و ۹/۵-۱۱ برای انجام آزمایشها در نظر گرفته شده و برای اندازه گیری رطوبت نمونه ها از رطوبت سنج دیجیتالی مدل GMK-303RS استفاده شد.

با توجه به نتایج تحقیق پیمان وهمکاران (۱۳۷۸) فاصله بین غلتکهای برای کلیه آزمایشها ۰/۶۵ میلیمتر در نظر گرفته شد. برای جدا سازی برنج قهوه ای سالم و شکسته از یکدیگر نیز از الک ارتعاشی ساخت *IRRI* استفاده شده و همچنین برای اندازه گیری انرژی مصرف شده برای پوست کنی از یک توان سنج قابل اتصال به کامپیوتر استفاده گردید. داده‌ها توسط یک نرم افزار گرافیکی پردازش شده و نمودار توان بر حسب زمان رسم می شود. همچنین میزان ولتاژ و جریان اندازه گیری شده در هر زمان، انرژی مصرفی دستگاه در طول زمان معین و همچنین توان موتور الکتریکی متصل به دستگاه تعیین و توسط نرم افزار در زیر نمودار نوشته می شود.

برای انجام آزمایش پوست کنی با توجه به نتایج کار پیمان (۱۳۷۹) و کیانمهر (۱۳۸۰) هر واحد آزمایشی ۲۵۰ گرم در نظر گرفته شد. در این تحقیق متغیرهای وابسته مقدار پوست، درصد خرد برنج قهوه ای، شلتوک پوست نکنده بودند که برای محاسبه شاخص پوست کنی اندازه گیری شدند. همچنین انرژی پوست کنی توسط دستگاه توان سنج برای هر نمونه اندازه گیری شده و راندمان انرژی نیز محاسبه می گردید. برای کاهش در مدت زمان انجام آزمایشها و افزایش دقت در مقایسه میانگینها، اجرای آزمایشها بصورت کرتها‌ی خرد شده در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی ترجیح داده شد. بدین ترتیب طرح آزمایشی مورد استفاده، کرتها‌ی دوبار خرد شده در قالب بلوکهای کاملاً تصادفی بود. در اجرای طرح، دور غلتکهای پوست کن (به منظور تغییر در اختلاف سرعت محیطی دو غلتک) بعنوان عامل اصلی در نظر گرفته شد. عوامل رقم و رطوبت به ترتیب به عنوان عوامل فرعی اول و فرعی دوم در نظر گرفته شدند. با توجه به حجم عملیات سه تکرار در نظر گرفته شد. برای انجام آزمایشها ابتدا نقشه طرح تهیه شد و عملیات بر مبنای آن انجام گرفت. در تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگینها و محاسبه سایر شاخصهای مورد نظر از نرم افزار *MSTATC* استفاده و نمودارها نیز توسط نرم افزار *XELFE* رسم شدند.

۵- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در فرآیند پوست کنی در جدول شماره ۱ ارائه شده است. این نتایج نشان می دهد که اثرات اصلی کلیه متغیرهای مورد بررسی بر میزان خرده برنج ایجاد شده معنی دار می باشد. اثرات متقابل دوگانه جز در یک مورد در سایر موارد معنی دار بوده و اثر سه گانه متغیرها نیز معنی دار نمی باشد.

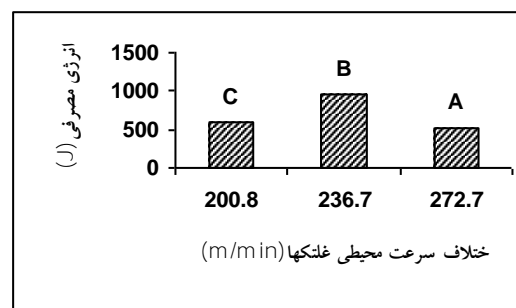
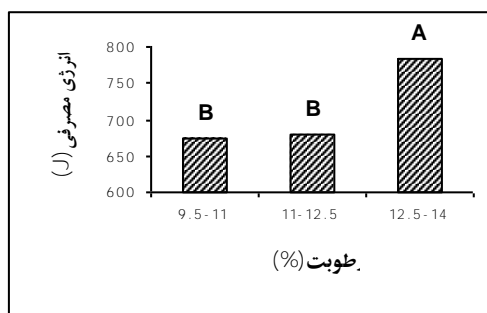
بر اساس نتایج به دست آمده افزایش اختلاف سرعت محیطی غلتکها تا سطح ۲۳۶/۷ متر بر دقیقه باعث افزایش انرژی مصرفی می شود اما در بیشترین اختلاف سرعت محیطی غلتکها کمترین انرژی مصرفی مشاهده می شود (شکل شماره ۱). بر اساس رابطه (۲) افزایش اختلاف سرعت محیطی بین غلتکهای پوست کن باعث افزایش انرژی مصرفی توسط پوست کن غلتک لاستیکی می شود. اما باید به این نکته توجه داشت که در اثر این افزایش، فرآیند پوست کنی دچار اشکال نشود. اثر اختلاف سرعت محیطی غلتکهای پوست کن بر راندمان انرژی مصرفی پوست کنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار می باشد و نتایج نشان می دهد که راندمان انرژی مصرفی در اختلاف سرعت محیطی ۲۰۰/۸ متر بر دقیقه حداکثر می باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده

میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی	منبع تغییرات
راندمان انرژی پوست کنی	انرژی مصرفی پوست کنی		
۵۶,۹۷۰*	۱۰۵۳۹۷۵/۵**	۳	دور غلتک
۱۵,۱۳۴	۹۸۲۶,۵	۶	خطا A
۱۷۰,۱۷۶*	۲۵۴۴۰۲/۳**	۲	خطا
۸۴,۳۲۲ ns	۲۲۴۶۲۴,۳**	۶	رقم B
۳۱,۱۰۷	۳۰۷۳۳,۲	۱۶	دور * رقم A*B
۶۷,۳۳۹*	۱۳۹۰۵۶**	۲	خطا
۷۶,۲۹۳*	۱۰۰۳۵۹,۹**	۶	رطوبت C
۱۸/۹۶۸ ns	۱۸۴۸۲,۴*	۴	دور * رطوبت A*C
۲۴,۶۶۱ ns	۵۹۶۸۲,۹ *	۱۲	رقم * رطوبت B*C
۱۲۷,۱۲۳	۲۶۷۳۷,۱	۴۸	دور * رقم * رطوبت A*B*C
۱۸٪/۰۵	۲۰٪/۹		ضریب تغییرات C.V.

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns = معنی دار نیست.

این امر نشان می دهد که اگر چه در بیشترین اختلاف سرعت محیطی غلتکها، کمترین انرژی مصرفی شده است، اما به دلیل کاهش چشمگیر در شاخص پوست کنی، راندمان انرژی مصرفی آن کم می باشد. در اختلاف سرعت محیطی ۲۰۰/۸ متر بر دقیقه، به ازای هر یک ژول انرژی مصرفی، بطور متوسط ۰/۲۲ گرم شلتوک پوست کنده شده بود. اما در سه سطح دیگر اختلاف سرعت محیطی غلتکها، به ازای هر یک ژول انرژی مصرفی، بطور متوسط ۰/۱۷ گرم شلتوک پوست کنده بود. همانگونه که در شکل شماره ۲ نشان داده شده است انرژی مصرفی پوست کنی شلتوکها در سطح رطوبتی ۱۴-۱۲/۵٪، اختلاف معنی دار با دو سطح رطوبتی دیگر دارد. علت کاهش انرژی مصرفی پوست کنی در دو سطح رطوبتی پایین تر، ناشی از



شکل ۲- نمودار اثر رطوبت بر انرژی مصرفی

پوست کنی (آزمون دانکن)*

* = مقایسات در سطح ۵ درصد بوده و حروف مشترک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

شکل ۱- نمودار اثر اختلاف سرعت محیطی غلتکها

بر انرژی مصرفی پوست کنی (آزمون دانکن)*

کاهش ضریب اصطکاک شلتوک در اثر کاهش رطوبت می باشد. (Kuppuswamy and Ratan)

(Wratten, 1970) در تحقیقات خود به این مسئله اشاره کرده بودند.. کاهش ضریب اصطکاک بر طبق رابطه ۲

باعث کاهش انرژی مصرفی پوست‌کنی می‌شود. از طرفی می‌توان اظهار داشت که کاهش رطوبت باعث کاهش نیروی چسبندگی بین پوست شلتوک و برنج قهوه‌ای می‌شود از این رو هنگامی که رطوبت شلتوک پایین باشد به کمک نیروی دست راحت‌تر می‌توان پوسته را از برنج قهوه‌ای جدا کرد.

بر مبنای اطلاعات جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل اختلاف سرعت محیطی غلتکها (دور) و رقم بر انرژی مصرفی پوست‌کنی، شاخص پوست‌کنی و خرد در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. این اثر متقابل بر راندمان انرژی مصرفی تاثیر معنی‌دار ندارد. جدول شماره ۲ نتایج مقایسه اثر متقابل فوق بر صفات مورد بررسی را به روش دانکن نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود روند تغییرات انرژی مصرفی پوست‌کنی برای دو رقم بینام و خزر در اثر افزایش اختلاف سرعت محیطی غلتکها تقریباً یکسان می‌باشد. به غیر از اختلاف سرعت محیطی

جدول ۲- نتایج آزمون دانکن برای اثر متقابل اختلاف سرعت خطی غلتکها و رقم بر صفات مورد بررسی

۲۳۶۷			۲۳۶۷			۲۲۹۳			۲۰۰۸			اختلاف سرعت خطی (m/min)
علی کاظمی	بینام	خزر	علی کاظمی	بینام	خزر	علی کاظمی	بینام	خزر	علی کاظمی	بینام	خزر	رقم
<i>F</i>	<i>DE</i>	<i>F</i>	<i>CDE</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>DE</i>	<i>BC</i>	<i>BCD</i>	<i>EF</i>	<i>F</i>	<i>BCD</i>	انرژی پوست‌کنی (J)
۴۸۰/۲	۶۶۹/۱	۴۰۸/۱	۷۴۷/۶	۹۶۶/۱	۱۱۵۴/۶	۶۸۵/۳	۸۸۳/۷	۷۹۰/۲	۵۶۷/۹	۴۱۹/۱	۷۸۳/۹	
<i>AB</i>	<i>ABC</i>	<i>AB</i>	<i>AB</i>	<i>AB</i>	<i>۱۸/۳۷ C</i>	<i>AB</i>	<i>ABC</i>	<i>ABC</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>BC</i>	راندمان انرژی پوست‌کنی* (g/J)
۲۴/۸۲	۲۳/۴۳	۲۶/۸۹	۲۸/۴۸	۲۴/۹۲		۲۶/۲۲	۲۳/۳۹	۲۳/۵۶	۲۹/۳۷	۲۹/۵۵	۲۲/۷۱	

*حروف مشترک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد. ** داده‌های راندمان انرژی مصرفی حاصل از تبدیل زاویه‌ای هستند.

۲۰۰/۸ متر بر دقیقه، در بقیه سطوح اختلاف سرعت محیطی غلتکها، انرژی مصرفی پوست‌کنی رقم بینام اختلاف معنی‌داری با رقم خزر نشان می‌دهد و بیشتر می‌باشد. برای هر سه رقم با افزایش اختلاف سرعت محیطی غلتکها تا ۲۳۶/۷ متر بر دقیقه، روند تغییرات انرژی مصرفی پوست‌کنی، افزایشی می‌باشد. برای هر سه رقم بیشترین انرژی مصرفی پوست‌کنی در اختلاف سرعت محیطی ۲۳۶/۷ متر بر دقیقه غلتکها مصرف شده است. در اختلاف سرعت محیطی ۲۷۲/۷ متر بر دقیقه، انرژی مصرفی پوست‌کنی رقم بینام به طور معنی‌داری بیشتر از دو رقم دیگر می‌باشد. توجه این امر مشکل به نظر می‌رسد و نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. با توجه به این نتایج می‌توان اظهار داشت که اختلاف سرعت محیطی ۲۰۰/۸ و ۲۷۲/۷ متر بر دقیقه برای پوست‌کنی هر سه رقم مناسب‌تر به نظر می‌رسد (به علت مصرف کمتر انرژی). علت کاهش انرژی مصرفی در اختلاف سرعت محیطی ۲۷۲/۷ متر بر دقیقه، عدم انجام صحیح فرآیند پوست‌کنی می‌باشد (شاخص پوست‌کنی کمتر).

نتایج جدول شماره ۳ نشان می‌دهد که راندمان انرژی مصرفی سه رقم مورد بررسی در اختلاف سرعت محیطی ۲۲۹/۳ و ۲۷۲/۷ متر بر دقیقه برای سه رقم اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد. اما در دو اختلاف سرعت محیطی دیگر غلتکهای پوست‌کن، راندمان انرژی مصرفی رقم علی کاظمی بطور معنی‌داری کمتر از دو رقم دیگر می‌باشد.

جدول ۳- نتایج آزمون دانکن اثر متقابل اختلاف سرعت خطی غلتکها و رطوبت بر صفات مورد بررسی

۲۳۶/۷			۲۷۲/۷			۲۲۹/۳			۲۰۰/۸			اختلاف سرعت خطی (m/min)
۱۲/۱۴-۵	۱۲-۱۱/۵	۹/۱۱-۵	۱۲/۱۴-۵	۱۲-۱۱/۵	۹/۱۱-۵	۱۲/۱۴-۵	۱۲-۱۱/۵	۹/۱۱-۵	۱۲/۱۴-۵	۱۲-۱۱/۵	۹/۱۱-۵	رطوبت (%)

C	$\delta 11 C$	C	A	B	$\delta 26 B$	B	B	B	B	C	C	انرژی پوست کنی (J)
۴۹۶/۲		۵۵۰/۲	۱۱۳۶/۳	۸۹۵/۹		۷۵۰/۹	۷۷۸/۱	۸۳۰/۲	۷۵۵/۱	۵۳۷/۲	۴۷۸/۶	
BC	AB	C	C	BC	AB	BC	BC	BC	BC	AB	A	راندمان انرژی پوست کنی (g/J)
۲۵/۱	۲۷/۹	۲۲/۱۵	۲۰/۹	۲۳/۶	۲۷/۳	۲۵/۱	۲۴/۳	۲۳/۸	۲۳/۱	۲۸/۱	۳۰/۵	

*حروف مشترک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد. ** داده های راندمان انرژی مصرفی حاصل از تبدیل زاویه ای هستند.

نتایج جدول شماره ۱ نشان داد که اثر متقابل اختلاف سرعت محیطی غلتکها و رطوبت بر انرژی پوست کنی، شاخص پوست کنی و راندمان انرژی مصرفی پوست کنی معنی دار می باشد. نتایج نشان می دهد که انرژی مصرفی پوست کنی در دو اختلاف سرعت محیطی ۲۲۹/۳ و ۲۷۲/۷ متر بر دقیقه غلتکها، در هیچکدام از سطوح رطوبتی اختلاف معنی داری با یکدیگر نشان نمی دهد. اما در دو سطح دیگر اختلاف سرعت محیطی غلتکها، انرژی مصرفی پوست کنی در رطوبت های ۹/۵-۱۱ و ۱۲/۵-۱۱ درصد به طور معنی داری کمتر از مقدار آن در محتوای رطوبتی ۱۴-۱۲/۵ درصد می باشد. بررسی اثر متقابل فوق، بر راندمان انرژی مصرفی پوست کنی نشان می دهد که فقط در اختلاف سرعت محیطی ۲۰۰/۸ متر بر دقیقه غلتکهای پوست کن، راندمان انرژی مصرفی پوست کنی در سه سطح رطوبتی مورد بررسی اختلاف معنی دار نشان می دهد و افزایش آن تا ۱۴-۱۲/۵ درصد باعث کاهش راندمان انرژی مصرفی پوست کنی می شود (جدول شماره ۳). با توجه به مطالب ذکر شده در این مبحث، می توان اختلاف سرعت محیطی ۲۰۰/۸ متر بر دقیقه و رطوبت ۱۱-۹/۵ درصد را از نظر انرژی مصرفی و کیفیت تبدیل مطلوب ارزیابی کرد. آزمون تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رقم و رطوبت بر انرژی پوست کنی، شاخص پوست کنی و خرد به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد تاثیر معنی دار دارد. اما این اثر متقابل بر راندمان انرژی پوست کنی تاثیر معنی دار ندارد. نتایج آزمون دانکن در مورد این اثر متقابل در جدول ۴ داده شده است.

جدول ۴- نتایج آزمون دانکن برای اثر متقابل رقم و رطوبت بر صفات مورد بررسی

رقم	علی کاظمی			بینام			خزر		
رطوبت (%)	۱۲-۱۱/۵	۱۲-۱۱/۵	۹/۱۱-۵	۱۲-۱۱/۵	۱۲-۱۱/۵	۹/۱۱-۵	۱۲-۱۱/۵	۱۲-۱۱/۵	۹/۱۱-۵
انرژی پوست کنی (J)	A	AB	B	AB	BC	AB	B	CD	D
	۸۶۳/۸	۷۷۳/۹	۷۱۴/۲	۷۷۲	۶۸۸/۵	۷۴۳	۷۱۸/۲	۵۷۹/۳	۵۶۳/۳
راندمان انرژی پوست کنی (g/J)	D	CD	CD	BCD	ABC	BCD	CD	AB	A
	۲۲/۱	۲۲/۹	۲۳/۵	۲۴/۴	۲۶/۵	۲۵/۱	۲۴/۲	۲۸/۴	۲۹/۱

* حروف مشترک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

نتایج نشان می دهد که انرژی مصرفی برای پوست کنی دو رقم علی کاظمی و خزر در اثر کاهش رطوبت به طور معنی داری کاهش یافته است. اما در رقم بینام تغییرات رطوبت باعث اختلاف معنی دار در انرژی مصرفی نشده است (جدول ۴). نتایج نشان می دهد که شاخص پوست کنی دو رقم بینام و خزر در هر سه سطح رطوبتی به طور معنی داری بیشتر از رقم علی کاظمی می باشد. این امر به علت خرد زیاد رقم علی کاظمی می باشد.

۶- سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از طرح تحقیقاتی "انرژی مصرفی پوست کنی و سفید کردن سه رقم شلتوک رایج استان گیلان" می باشد. بدینوسیله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه گیلان به جهت حمایت مالی

در انجام این طرح تشکر و قدردانی می شود. همچنین از ریاست محترم موسسه تحقیقات برنج کشور و مدیریت و کارشناسان بخش فنی و مهندسی آن موسسه به خاطر در اختیار گذاشتن ابزار و وسایل مورد نیاز برای اجرای طرح حاضر قدردانی می گردد.

۷- منابع و مراجع

- ۱- پیمان، م (۱۳۸۱). بررسی انرژی مصرفی در عملیات پوست کنی و سفید کردن سه رقم برنج رایج استان گیلان، گزارش نهایی طرح پژوهشی دانشگاه گیلان، رشت.
- ۲- پیمان، م، توکلی، ت و س. مینایی (۱۳۷۸). تعیین فاصله مناسب بین غلتکها در پوست کن غلتک لاستیکی برای تبدیل سه رقم برنج متداول در استان گیلان، علوم کشاورزی، (۲۰) ۳
- ۳- پیمان، م (۱۳۷۹). بررسی عوامل شکستگی دانه در فرآیند پوست کنی شلتوک. رساله دوره دکتری مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی.
- ۴- کیانمهر، م (۱۳۸۱). بررسی عوامل موثر فیزیکی در ترک خوردگی شلتوک در خشک کن با جریان معکوس شونده هوا. رساله دوره دکتری مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی.
- ۵- مینایی، س، پیمان، م و علیزاده، م (۱۳۷۸). گزارش نهایی طرح بررسی ضایعات برنج در کارخانه های برنجکوبی استان گیلان، سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، رشت.

۶- *Anonymous. (1981). Development and evaluation of processing equipment, Tech. Bulletin No. CIAE/PHIS/81/24, CIAE, Nabi Bagh, Berasia Road, Bhopal, 10 pp.*

7- *Chakraverty, A. (1988). Post Harvest Technology of Cereals, Pulses and oilseeds. Indian Institute of Technology, Kharagpur, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd, New Delhi.*

8- *Kuppuswamy, M. and Wratten, F.T. (1970). Static and dynamic coefficient of friction of rough rice on sheet steel, Southwest regional meeting of the American Society of Agricultural Engineers, USA.*

9- *Nishiyama, Y. (1995). Rice Post Harvest Technology: Food Agency, 333-346 Tokyo: ACE Corporation..*

10- *Shitanda, D., Nishiyama, Y. and Kodie, S. (1999). Performance Analysis of Impeller and Rubber Roll Husker using different varieties of Rice. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development, Manuscript FP 01001. Vol. III.*