

بررسی عملکرد پوست کن غلتک لاستیکی نچ و ارائه راهکارهایی برای بهبود عملکرد آن (۴۹۰)

سید ناصر علوی^۱، محمد رضا حجتی^۲

چکیده

در این تحقیق عملکرد یک دستگاه پوست کن غلتک لاستیکی برای جدا کردن پوست برنج دانه بلند صدری در طی سه آزمایش ارزیابی گردید. در آزمایش اول سه روش تغذیه شالی به دستگاه شامل: تصادفی، تک دانه ای افقی و عمودی انجام شد. در آزمایش دوم تاثیر پیش بوجار کردن در عملکرد پوست کن و در آزمایش سوم (با تغییر سرعت چرخش غلتک های اصلی و فرعی) تاثیر نسبت تفاضل سرعت دورانی (PVD) بر عملکرد پوست کن ارزیابی شد. در آزمایش اول، تغذیه تک دانه ای افقی بالاترین راندمان پوست کنی (۷۲٪) و کمترین درصد خرد (۵/۲٪) را بدست آورد. نتیجه آزمایش دوم نشان داد پیش بوجار کردن باعث بالا رفتن راندمان پوست کنی تا ۶۵/۶٪ و پایین آمدن درصد خرد تا ۱۰/۴٪ می گردد. در آزمایش سوم بهترین راندمان پوست کنی (۶۶/۲٪) و کمترین درصد خرد (۱۰/۴٪) در نسبت تفاضل دورانی مجاز دستگاه (۸۵٪) به دست آمد. نتایج حاصله برای تعیین تنظیمات صحیح پوست کن و ارائه راهکارهایی برای افزایش راندمان پوست کنی و کاهش درصد برنج خرد شده استفاده شدند.

کلید واژه: پوست کن غلتک لاستیکی، درصد برنج خرد شده، تغذیه تک دانه ای، پیش بوجار کردن، نسبت تفاضل سرعت دورانی

۱- استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان، پست الکترونیک: nalavi@mail.uk.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی

۱. مقدمه

برنجکوبی یک مرحله دشوار پس از برداشت برنج است. هدف اصلی سیستم برنجکوبی برداشتن پوست و لایه های سبوس و تولید یک دانه برنج سفید خوراکی است که بقدر کافی کوبیده شده و از ناخالصی ها رها شده باشد [۱]. بسته به نیازهای مشتری، برنج باید حداقل دانه های شکسته شده را داشته باشد. بیشتر واریته های برنج مرکبند از تقریباً ۲۰٪ پوست، ۱۱٪ لایه های سبوس و ۶۹٪ آندوسپرم نشاسته ای. کل برنج کوبیده شده شامل دانه های کامل یا برنج کامل و برنج خرد است. محصولات جنبی برنجکوبی پوست برنج، لایه های سبوس و برنج خرد شده هستند. یک سیستم برنج کوبی می تواند یک فرایند ساده تک یا دو مرحله ای، یا یک فرایند چند مرحله ای باشد. در یک فرایند برنجکوبی تک مرحله ای، جداسازی پوست و سبوس در یک مرحله انجام می شود و برنج کوبیده شده یا سفید مستقیماً از شلتوک تولید می شود. در یک فرایند دو مرحله ای، جداسازی پوست و سبوس به طور جداگانه انجام می شود، و برنج قهوه ای به عنوان یک محصول واسطه بین دو مرحله تولید می شود. در برنجکوبی چند مرحله ای، برنج تحت تعداد مختلفی مرحله فراوری قرار می گیرد [۳].

شلتوک یا شالی:

برنج پوست نشده به همان شکل برداشت شده. برنج خروجی کشتزار. مغز برنج هنوز در لایه غیر خوراکی و محافظ آن قرار دارد.

برنج قهوه ای:

برنج پوست شده؛ برنجی که حداقل فرآوری روی آن انجام شده. پوست خارجی برداشته شده، اما هنوز لایه های سبوس باقی هستند که به برنج خواص رنگ قهوه ای و طعم نامطبوع می دهند. برنج قهوه ای قابل خوردن است اما نسبت به برنج سفید شده نیاز به جویدن بیشتری دارد. زمان پخت برنج قهوه ای طولانی تر از برنج کوبیده شده (سفید) است.

برنج سفید یا کوبیده شده:

برنج پس از کوبیدن که شامل برداشتن همه یا قسمتی از سبوس و جنین از شلتوک توسط فرایند سفید سازی است.

راندمان پوست کنی:

مجموع برنج کوبیده شده حاصل از شالی؛ به صورت درصد وزنی برنج کوبیده شده (شامل خرد) بدست آمده از یک نمونه از شلتوک بیان می شود. حداکثر راندمان پوست کنی ۷۸-۸۰٪ است (بسته به نوع برنج).

اهداف عمده برنج کوبی به روش صنعتی شامل موارد زیر می باشد.

□ تولید برنج خوراکی به درخواست مشتری یعنی برنجی که به قدر کفایت کوبیده شده و از پوست، سنگریزه و سایر مواد خارجی رها شده باشد.

□ حداکثرسازی کل بازیافت برنج کوبیده شده از شلتوک و همزمان حداقل سازی شکستگی دانه [۶].

۲. مواد و روش ها

پوست کن غلتک لاستیکی

پوست کنی یک فرایند برای برداشتن پوست برنج از شلتوک است. پوست کن غلتک لاستیکی در حال حاضر مهمترین وسیله مورد استفاده برای پوست کردن شالی برنج است. شلتوک از ورودی به دستگاه تغذیه می شود و به دو غلتک لاستیکی می رسد. یک غلتک ساعتگرد و دیگری پادساعتگرد و با سرعت بیشتر می چرخد. این امر یک نیروی برشی ایجاد می کند که پوست را حین عبور شالی از میان دو غلتک از آن جدا می کند. لاستیک روی غلتک ها خاصیت ارتجاعی داشته و دانه را له نمی کند. پوست برنج و برنج خرد شده توسط بادی که هواکش ایجاد می کند از برنج پوست شده جدا می شوند. در هواکش مواد به مخلوطی از برنج قهوه ای، دانه های کامل پوست نشده و پوست برنج تقسیم می شوند. دانه های پوست شده با مکش هواکش

جدا می شوند. ظرفیت پوست کن غلتک لاستیکی متفاوت است و به اندازه پوست کن بستگی دارد. به عنوان مثال، یک غلتک با ابعاد ۲۵ در ۲۵ سانتی متر ظرفیت کوبش اسمی ۲/۵ تن شالی در ساعت را دارد. نسبت تفاضل سرعت دوره ای مقیاسی است از سرعت نسبی بین غلتک اصلی و فرعی. (رابطه (۱)) [۸]

$$\phi_n = \frac{D.N - d.n}{d.n} \cdot 100 \quad (1)$$

ϕ_n : نسبت تفاضل سرعت دورانی

$D(m)$: قطر غلتک اصلی

$N(rpm)$: سرعت دورانی غلتک اصلی

$d(m)$: قطر غلتک فرعی

$n(rpm)$: سرعت دورانی غلتک فرعی

کارایی پوست کن غلتک لاستیکی می تواند با راندمان پوست کنی بیان شود که درصد برنج پوست شده در کل جریان دانه است. در پوست کن غلتک لاستیکی درست تنظیم شده، راندمان پوست کنی می تواند تا ۹۵٪ باشد، اگر چه راندمان اغلب پایین تر است. گذشته از این تنظیمات ماشین و یکنواختی ضخامت دانه بر روی راندمان پوست کنی موثر است. اگر مخلوطی از واریته های مختلف به پوست کن وارد شود، یا دانه شالی در مزرعه یکنواخت رشد نکرده باشد، راندمان پوست کنی پایین تر خواهد بود. محتوای رطوبت شالی در زمان پوست کنی باید ۱۴٪ باشد و به طور ممتد به غلتک های لاستیکی تغذیه شود. سرعت عبور جریان دانه از میان پوست کن با دریچه تنظیم تغذیه کنترل می شود که به طور دستی یا اتوماتیک کنترل می شود. یک فاصله ۰/۸ تا ۱ میلی متر بین سطوح غلتک ها باید حفظ شود برای جلوگیری از آسیب دیدن غلتک ها. این تقریباً نصف ضخامت دانه شالی است. فاصله باید برای رسیدن به راندمان پوست کنی ۹۰ تا ۹۵٪ تنظیم شود. عمر پوست کنی مجاز غلتک چپ و راست می تواند از ۴۰ تا ۱۰۰ تن متغیر باشد و باید توسط سازنده مشخص شود. جابجا کردن غلتک چپ و راست در نیمه عمر آنها باعث افزایش عمر غلتک ها می شود چون با این کار دو غلتک همدیگر را به طور مساوی می ساینند. در برخی کارخانه های برنجکوبی برای رسیدن به کارایی بهتر سطح غلتک لاستیکی با تراش دادن هموار می شود [۴].

غلتک های لاستیکی از پلیمرهای لاستیک مصنوعی ساخته می شوند که داشتن ضریب انبساط منفی در هنگام گرم شدن از شل شدن و جدا شدن آن از استوانه فلزی جلوگیری می کند. در هنگام کار باید مدخل ورودی بالای غلتک ها کاملاً باز باشد تا غلتک ها به طور یکنواخت ساییده شوند [۵]. نحوه و زمان جابجایی رویه غلتک های لاستیکی در کتاب راهنمایی که توسط سازنده آماده شده، شرح داده شده است.

عملیات پوست کنی روی یک واریته برنج دانه بلند به نام صدری با استفاده از یک پوست کن غلتک لاستیکی (ساتاکه SATAKE THU) انجام شد. این پوست کن دارای دو غلتک به قطر ۲۰ سانتی متر می باشد. نسبت تفاضل سرعت دورانی مجاز آن ۸۵٪ بوده و ظرفیت اسمی آن ۲ تن شالی در ساعت است. سرعت دورانی غلتک های پیشنهاد شده توسط سازنده برای غلتک فرعی معادل ۱۰۵۰ دور بر دقیقه و برای غلتک فرعی معادل ۱۹۵۰ دور بر دقیقه بود. با توجه به ابعاد دانه شلتوک که در جدول (۱) ارائه شده است، فاصله غلتک ها ۱ میلی متر انتخاب شد.

جدول (۱): ابعاد یک دانه شلتوک برنج صدری

عنوان	طول دانه $l(mm)$	پهنا $h(mm)$	ضخامت $w(mm)$	کرویت* s	جرم $m(gr)$
اندازه ها	۹/۸	۲/۷	۲/۲	۰/۳۹	۰/۰۳۶۷

* : $s = \frac{(l.w.h)^{\frac{1}{3}}}{l}$

۵۰ گرم شلتوک برنج در محتوای رطوبت ۱۴٪ در دو حالت تصادفی و تک دانه ای پوست کنده شد. در حالت تک

دانه ای یک بار تمام دانه ها به صورت افقی بین غلتک ها قرار داده شدند و بار دیگر به صورت عمودی این کار تکرار شد .

۱۰۰ گرم از شلتوک برنج پیش بوجار شده و ۱۰۰ گرم برنج بوجار نشده به طور تصادفی پوست کنده شدند.

۳۰۰ گرم از شلتوک برنج نیز به سه قسمت ۱۰۰ گرمی تقسیم شده و در سه نسبت تفاضل دورانی مختلف توسط پوست کن

پوست کنده شدند . نسبت های تفاضل دورانی به کار رفته در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): نسبت های تفاضل دورانی به کار رفته

وضعیت	سرعت دورانی غلتک اصلی $N(rpm)$	سرعت دورانی غلتک فرعی $n(rpm)$	نسبت تفاضل سرعت دورانی ϕ_n
۱	۱۸۰۰	۱۱۰۰	٪۶۴
۲	۱۹۵۰	۱۰۵۰	٪۸۵
۳	۲۰۰۰	۱۰۰۰	٪۱۰۰

اطلاعات لازم شامل وزن شلتوک برنج پوست نشه ، وزن برنج قهوه ای پوست شده و وزن برنج قهوه ای خرد شده در هر مرحله از کار جمع آوری شد . با استفاده از این اطلاعات برای تمامی حالات نسبت پوست شدگی (راندمان پوست کنی) و درصد برنج خرد پس از عملیات پوست کنی محاسبه شد .

۳. نتایج و بحث

نتایج اندازه گیری شده برای سه آزمایش در جداول ۳ ، ۴ و ۵ نشان داده شده اند .

جدول (۳): نتایج اندازه گیری شده برای وضعیت های مختلف تغذیه غلتک ها (۵۰ گرم شالی)

نتایج	روش تغذیه	
	تصادفی	تک دانه ای
وزن شلتوک پوست نشده(گرم)	۸/۹	۵/۱
وزن کل برنج قهوه ای(گرم)	۳۱/۷	۳۳/۴
وزن برنج قهوه ای خرد شده(گرم)	۵/۱	۴/۳

جدول (۴): نتایج اندازه گیری شده برای شالی پیش بوجار شده و بوجار نشده (۱۰۰ گرم شالی)

نتایج	پیش بوجار شده	بوجار نشده
وزن شلتوک پوست نشده(گرم)	۱۸/۴	۲۵/۲
وزن کل برنج قهوه ای(گرم)	۶۵/۶	۵۸/۵
وزن برنج قهوه ای خرد شده(گرم)	۱۰/۴	۱۵/۷

جدول (۵): نتایج اندازه گیری شده در سه نسبت تفاضل سرعت دورانی مختلف (۱۰۰ گرم شالی)

نسبت تفاضل سرعت	نتایج		
	(٪۶۴)	(٪۸۵)	(٪۱۰۰)
وزن شلتوک پوست نشده (گرم)	۳۱/۳	۱۸	۲۸/۸
وزن کل برنج قهوه ای (گرم)	۵۴/۷	۶۶/۲	۵۶/۸
وزن برنج قهوه ای خرد شده (گرم)	۸/۲	۱۰/۴	۸/۹

با توجه به جداول در تمامی آزمایش ها درصد قابل توجهی از شلتوکی که به پوست کن وارد شده به صورت شلتوک پوست نشده خارج شده است. این مساله لزوم استفاده از یک جدا ساز شالی (Paddy Separator) را پس از پوست کن و قبل از قسمت سفید کنی نشان می دهد. در غیر این صورت، ورود شالی پوست نشده به قسمت سفید کنی باعث بالارفتن بیش از اندازه درصد برنج شکسته شده در پایان مراحل برنجکوبی می شود و همچنین کیفیت برنج کوبیده شده را تا حد زیادی کاهش می دهد. راندمان پوست کنی و درصد خرده برای هر آزمایش محاسبه شده و در جداول ۶، ۷ و ۸ نشان داده شده اند. در تمامی آزمایشها حالتی که دارای راندمان پوست کنی بالاتر و درصد خرده پایین تری باشد به عنوان حالت مطلوب معرفی می شود.

جدول (۶): نتایج محاسبه شده برای روشهای مختلف تغذیه غلتک ها

تک دانه ای	تصادفی		روش تغذیه
	عمودی	افقی	
	٪۶۶/۸	٪۷۲	راندمان پوست کنی
	٪۸/۶	٪۵/۲	درصد خرده

جدول (۷): نتایج محاسبه شده برای شالی پیش بوجار شده و بوجار نشده

بوجار نشده	پیش بوجار شده	روش تغذیه
٪۵۸/۵	٪۶۵/۶	راندمان پوست کنی
٪۱۵/۷	٪۱۰/۴	درصد خرده

جدول (۸): نتایج محاسبه شده در سه نسبت تفاضل سرعت دورانی مختلف

نسبت تفاضل سرعت دورانی	راندمان پوست کنی		
	(٪۶۴)	(٪۸۵)	(٪۱۰۰)
راندمان پوست کنی	٪۵۴/۷	٪۶۶/۲	٪۵۶/۸
درصد خرده	٪۸/۲	٪۱۰/۴	٪۸/۹

همانطور که در جدول (۶) مشخص است در حالت تغذیه تک دانه ای پوست کن ، راندمان پوست کنی بالاتر و درصد خرد پایین تری بدست آمده است . همچنین تغذیه افقی دانه به دستگاه نتیجه بهتری نسبت به حالت عمودی دارد . این نتیجه می تواند به چرخش راحت تر دانه حول محور طولی خود در بین دو غلتک در حالت افقی نسبت داده شود . از نتایج این قسمت از آزمایش می توان به لزوم طراحی یک سیستم تغذیه مناسب تر برای پوست کن ها پی برد . چون در سیستم های فعلی دانه های شالی با زوایای متفاوتی بین دو غلتک قرار می گیرند و همین مساله باعث عدم چرخش خوب دانه شده و درصد خرد شدگی شالی را افزایش می دهد .

در جدول (۷) به وضوح اختلاف نتیجه حاصله برای دو حالت شالی پیش بوجار شده و بوجار نشده مشخص است . درصد قابل توجهی از تلفات سیستم های برنجکوبی روستایی مربوط به عدم تمیز کردن و زدودن مواد خارجی از شلتوک پیش از آغاز برنجکوبی است. این مواد خارجی علاوه بر کاهش کیفیت محصول نهایی و افزایش تلفات ، می توانند باعث ایجاد فرسودگی در دستگاههای مختلف یک مجموعه برنجکوبی از جمله پوست کن غلتک لاستیکی شوند .

نتایج حاصل از پوست کنی شالی در سه نسبت تفاضل سرعت دورانی پایین (۶۴٪) ، مجاز (۸۵٪) و بالا (۱۰۰٪) نشان دهنده این است که بهترین راندمان پوست کنی در نسبت تفاضل سرعت دورانی مجاز حاصل شده است . البته در مورد پایین تر بودن درصد خرد در دو حالت غیر مجاز باید گفت که با توجه به اینکه درصد زیادی از شالی در این دو حالت پوست نکنده باقی مانده است و باید دوباره به پوست کن برگردانده شود ، در پایان کار درصد خرد در این دو حالت بیشتر خواهد شد .

۴. پیشنهادات

در این مقاله عملکرد پوست کن غلتک لاستیکی تحت سه آزمایش مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. راندمان پوست کنی و درصد برنج خرد به عنوان پارامترهای نشان دهنده عملکرد در همه آزمایشات اندازه گیری شد. با توجه به مجموع نتایج حاصله و پارامترهای محاسبه شده، نتیجه گیری های زیر بدست آمده است:

۱. استفاده از یک جدا ساز شالی پس از پوست کن که شالی پوست نشده را دوباره به پوست کن برگرداند تا حد زیادی باعث بهبود عملکرد پوست کن خواهد شد.
۲. توجه به نحوه تغذیه شالی به پوست کن و یکنواختی جریان شالی ورودی به دستگاه افزایش عملکرد را به همراه خواهد داشت.
۳. طراحی یک سیستم تغذیه جدید برای پوست کن غلتک لاستیکی جهت قرار گیری حداکثر دانه ها در حالت افقی در بین دو غلتک کاملاً لازم به نظر می رسد.
۴. تاثیر زیاد سرعت چرخش غلتک ها و نسبت تفاضل سرعت دورانی آنها و همچنین فاصله بین دو غلتک بر راندمان پوست کنی و درصد خرد، لزوم استفاده از اپراتور ماهر را برای پوست کن غلتک لاستیکی اثبات می کند.
۵. با توجه به افزایش یافتن درصد خرد همراه با راندمان پوست کنی، نگه داشتن راندمان پوست کنی در سطح ۸۰٪ و استفاده از یک جدا ساز شالی برای جبران شلتوک های پوست نشده توصیه می شود.

۵. منابع

۱. پیمان، میر حسین و همکاران. ۱۳۷۹. بررسی عملکرد فنی کارخانه های برنجکوبی استان گیلان - وضعیت موجود، مسائل و مشکلات و راهکارها. موسسه تحقیقات برنج کشور، گزارش نهایی شماره ۹.
 ۲. تجدیدی طلب کبری. پاییز ۸۱. اثر پیش بوجار کردن بر راندمان خشکاندن و تبدیل شلتوک برنج. موسسه تحقیقات برنج کشور، گزارش نهایی شماره ۲۱.
 ۳. علیزاده. محمد رضا ۱۳۷۸. بررسی میزان ضایعات سیستمهای تبدیل برنج در کارخانه های شالیکوبی استان گیلان و ارائه راهکارهایی جهت تقلیل آن. موسسه تحقیقات برنج کشور، گزارش نهایی شماره ۱۷.
4. <http://www.ricemilling.com>
 5. <http://www.calibrationplus.com>
 6. <http://www.knowledgebank.irri.org/ppfm/riceMilling/>
 7. Rudolph & R.B. Key E. 1994. Experimental Study on the Quality of Rough Rice Related to Drying Conditions. In Drying'94, pp. 1031-1036
 8. Shitanda, D., Y. Nishiyama, and S. Koide. 2000. Performance Analysis of Impellor and Rubber Roll Husker Using Different Varieties of Rice. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript FP 01 001. Vol. III.