مجله تحقیقات مهندسی سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۱۷/ شماره ٦٦/سال ۱۳۹۵/ص ۲۸-۱۵

مقایسهٔ پارامترهای عملکردی و مصرف انرژی سامانه‌های تبدیل شلتوک (مطالعهٔ موردی: استان مازندران)

حمیدرضا گازر[*]، محمدرضا علیزاده و محمد یونسی الموتی[**]

[*] نگارنده مسئول: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰(۰۲۶)، پیام‌نگار: hgazor@yahoo.com

[**] به ترتیب: عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کرج، ایران؛ عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،رشت، ایران؛ و عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۹

چکیده

در این مقاله، عملکرد و انرژی مصرفی سه نوع کارخانهٔ شالیکوبی سنتی (پوست کن و سفیدکن تیغه‌ای)، نیمه‌مدرن (پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن تیغه‌ای) و مدرن (پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن سایشی) در استان مازندران بررسی و پارامترهای راندمان تبدیل، درجهٔ پوست‌کنی، درصد شکستگی برنج قهوه‌ای و برنج سفید، درجهٔ سفیدی و برخی شاخص‌های کیفی برنج پس از پخت مانند ژلاتینه شدن، نسبت افزایش طول دانه و آمیلوز آن تحقیق شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در سامانه‌های سنتی، نیمه‌مدرن و مدرن، میانگین راندمان کلی تبدیل برنج اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. محدودهٔ تغییرات راندمان تبدیل در سامانه‌های مورد بررسی بین ٦۲/٤٥ تا ٦۳/٥۸ درصد است. در سامانه‌های تبدیل بررسی شده، عملکرد دستگاه پوست‌کن اختلاف معنی‌داری دارد. کاربرد پوست‌کن غلتک لاستیکی میزان شکستگی دانه برنج را پایین می‌آورد و افزودن پادیه به فرایند پوست‌کنی در سیستم‌های تبدیل جدید موجب افزایش پوست‌کنی به بیش از ۹٦ درصد می‌شود. از نظر سفیدی برنج، عملکرد سفیدکن‌های سایشی به طور معنی‌داری بهتر از عملکرد سفیدکن‌های تیغه‌ای است. هیچ سامانه تبدیل در افزایش یا کاهش درصد آمیلوز برنج سفید تاثیر معنی‌داری ندارد. بیشترین درصد افزایش طول دانهٔ برنج بعد از پخت مربوط به برنج تبدیل شده با سامانهٔ سنتی است. شاخص ژلاتینه شدن در برنج سفید در محدودهٔ ۳/۹۷ تا ۳/۹۹ متغیر است. برای خشک کردن یک تن شلتوک به طور متوسط حدود ٦۸۳/۸ مگاژول انرژی حرارتی صرف می‌شود. همچنین برای تبدیل یک تن شلتوک به برنج سفید نیز به حدود ۱٥۸/٤ مگاژول انرژی الکتریکی نیاز است.

واژه‌های کلیدی

انرژی، برنج ،خشک کردن، شالیکوبی

مقدمه

برنج دومین محصول استراتژیک است و نقش تعیین کننده‌ای در تأمین نیازهای غذایی کشور ما دارد. کاهش ضایعات در مراحل مختلف تولید و به ویژه در عملیات پس از برداشت، یکی از راهکارهای عملی و موثر برای دستیابی به افزایش تولید در داخل کشور و کاهش واردات این محصول محسوب می‌شود. تبدیل شلتوک به برنج سفید یکی از مراحل حساس و تعیین کنندهٔ میزان ضایعات و نوع دستگاه‌های مورد استفاده در خط تبدیل نیز یکی از عوامل موثر بر میزان ضایعات در عملیات تبدیل است و

www.SID.ir
Archive of SID

بنابراین انتخاب سامانهٔ مناسب با شرایط هر منطقه و رقم برنج با اهمیت است. با توجه به جایگزینی تعدادی از واحدهای شالیکوبی به سامانه‌های جدید ساخت داخل و خارج، مقایسهٔ آنها از نظر درصد شکستگی برنج، میزان انرژی مصرفی و خصوصیات کیفی برنج در اولویت است. دو عامل ایجادکنندهٔ ضایعات در تبدیل برنج، یکی عامل دستگاهی و دیگری خصوصیات رقمی برنج، از یکدیگر مستقل نیستند و هر یک بر دیگری تاثیرگذار است (Bhattacharya,1980). اگر محصول در مزرعه بیش از حد خشک شود، درصد دانه‌های ترک خوردهٔ برنج تقریباً به شکل نمایی زیاد می‌شود (Bautista *et al.*, 2009). در فرایند تبدیل برنج، خشک کردن با دماهای بالا و ماندگاری زیاد شلتوک در آن دماها، ضمن ایجاد تغییرات ضریب نفوذ رطوبت داخلی، موجب کاهش مقاومت مکانیکی و افزایش تلفات فیزیکی دانه خواهد شد (Basunia & Abe, 1998) (Siebenmorgen *et al.*, 2005). در تحقیقی، دماهای ۳۰ تا ۷۰ درجهٔ سلسیوس در خشک کردن برنج (رقم بینام) به کار گرفته شد و در این دماها رطوبت نهایی برنج در انتهای مرحلهٔ خشک کردن به ۱۰/۵ و ۱۴ درصد رسانده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که حداکثر راندمان برنج سالم در دمای خشک‌کن ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نهایی دانه به مقدار ۱۴ درصد به دست می‌آید (Soleymani, 1998). پئوتی و همکاران گزارش کردند که شرایط خشک‌کردن شلتوک بر مقدار شکستگی برنج سفید تاثیرگذار است به نحوی که با کاهش رطوبت هوای خشک‌کن، از مقدار شکستگی دانه‌های برنج سفید به میزان قابل توجهی کم می‌شود (Peuty *et al.*, 1994). نتایج تحقیق شاکر نیز نشان می‌دهد که رطوبت شلتوک با شکستگی دانه‌های برنج رابطهٔ مستقیم دارد به طوری که با کاهش رطوبت شلتوک درصد شکستگی دانه‌های برنج نیز کاهش می یابد؛ همچنین، رطوبت شلتوک با میزان درصد ترک، رابطهٔ معکوس دارد به طوری که با کاهش رطوبت شلتوک، مقدار درصد ترک دانه‌های برنج افزایش می‌یابد. مناسب‌ترین محدودهٔ رطوبتی شلتوک رقم آمل و رقم چمپای فیروزآباد و لنجان جهت تبدیل به برنج به ترتیب بین ۱۰ تا ۱۲ و ۸ تا ۱۰ درصد به دست آمده است (Shaker, 2006). مدت زمان لازم برای خشک کردن دانه بستگی دارد به روش کار، ظرفیت خشک کن، درصد رطوبت دانه،و مقدار محصول؛ این مدت زمان حدود ۱۴ تا ۴۸ ساعت است. دمای مناسب برای خشک کردن دانه‌ها حدود ۳۵ تا ۴۰ درجه سلسیوس است (Jahandideh koodehi, 1995). پیلای یار و گاوین داسامی (Pillaiyar & Govindasamy, 1985) اثر سفیدکن‌های سایشی و اصطکاکی را روی درصد تبدیل و افزایش دمای برنج به دست آمده ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که نوع سفیدکن اثر معنی‌داری بر درصد تبدیل برنج دارد و سفیدکن سایشی، در مقایسه با نوع اصطکاکی، سبوس بیشتری تولید می‌کند. به علاوه، درصد تبدیل و افزایش دما رابطه‌ای مستقیم با هم دارند.

براساس تحقیقات گودمن و رائو (Goodman & Rao, 1985) برنج‌های با طول بیشتر و ضخامت کمتر، نسبت به برنج‌های متوسط و کوتاه، در فرآیند تبدیل دچار شکستگی بیشتری می‌شوند. بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که برنج کوتاه، در مقایسه با برنج بلند و متوسط، در فرآیند تبدیل تحت اثر نیروی کمتری است (Goodman & Rao, 1985). بررسی‌ها در بعضی از کشورهای برنج‌خیز حاکی از تأثیر معنی‌دار نوع ماشین‌های پوست‌کن و سفیدکن بر راندمان تبدیل و ضایعات برنج است. به کارگیری پوست‌کن‌های غلتک لاستیکی به جای نوع تیغه‌ای، یکی از روش‌های افزایش کیفیت تبدیل و کاهش درصد خرده برنج است (Rahman *et al.*, 1996). در سیستم تبدیل متشکل از پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن سایشی و مالشی، در مقایسه با پوست‌کن نوع دیسکی، مقدار

www.SID.ir

برنج سفید به طور میانگین ۲/۵ درصد افزایش دارد (Wimberly, 1983). در مقایسه با پوست‌کن نوع تیغه‌ای (انگلبرگ)، استفاده از پوست‌کن گریز از مرکز همراه با پولیشر از لحاظ راندمان تبدیل و مقدار برنج سالم بازده بالاتری دارد (Ahmed, 1996). جایسانا و همکاران با بررسی دستگاه‌های تبدیل مدرن، نیمه‌مدرن و سنتی گزارش کردند که راندمان تبدیل برنج در این ماشین‌ها به ترتیب ۶۹/۲، ۶۸/۸ و ۶۷/۵ درصد است (Jayasena & Ilangantileke, 1986). نتایج مقایسهٔ پارامترهای کل برنج سفید، برنج شکسته و میزان براق شدن با استفاده از سیستم‌های تبدیل مختلف شامل ۱. تیغه ای، ۲. غلتک لاستیکی برای پوست کندن و تیغه‌ای برای سفید کردن، ۳. پوست‌کن سانتریفوژی و سفیدکن تیغه‌ای و ۴. پوست‌کن غلتک لاستیکی و پولیشر، نشان می‌دهد که سیستم تبدیل شمارهٔ ۲ و ۳ نسبت به دو نوع دیگر از لحاظ مقدار کل برنج سفید و برنج سالم برتری دارد (Gawade & Jadhav, 1996). نتایج ارزیابی فنی- اقتصادی سیستم‌های تبدیل برنج در پنجاب هند نشان می‌دهد که در کارخانه‌های مدرن، راندمان تبدیل و درصد برنج سالم بیشتر است (Gupta, *et al.*, 2000).

طی تحقیقی درکارگاه‌های تبدیل برنج درشهرستان مرودشت (استان فارس) نتیجه‌گیری شد که وجود پادیه (جداساز شلتوک از برنج قهوه‌ای) حدود ۸ درصد شکستگی‌ها را کاهش می‌دهد و چنانچه از سفیدکن سایشی و تیغه‌ای به عنوان مکمل هم استفاده شود درصد شکستگی بسیار محدود خواهد شد و برنج تبدیل شده بازار پسندتر می‌شود (Afzalinia & Shaker, 2004). نتیجهٔ بررسی‌های علیزاده (Alizadeh, 2006) روی دو نوع ماشین تبدیل غلتک لاستیکی و تیغه‌ای نشان می‌دهد که به طور کلی بدون توجه به رقم، مقدارخرده برنج قهوه‌ای در پوست‌کن غلتک لاستیکی به طور متوسط ۷ و در پوست‌کن تیغه‌ای ۱۰درصد است. مقدار خرده برنج سفید در سیستمی که از پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن تیغه‌ای استفاده می‌شود ۱۹/۴۱ و درسیستمی که از پوست‌کن و سفیدکن تیغه‌ای استفاده می‌شود ۲۲/۶۰ درصد برآورد شده است (Alizadeh, 2006).

علیزاده همچنین اثر مقدار پوست‌کنی شلتوک را بر پارامترهای تبدیل بررسی و گزارش کرد که ای مقدار پوست‌کنی اثر معنی‌داری بر درصد شکستگی برنج قهوه‌ای بعد از پوست‌کن و برنج سفید بعد از ماشین سفیدکن دارد (Alizadeh, 2011). نتایج تحقیق شاکر نشان می‌دهد که اثر سرعت دورانی روتور، رقم شلتوک، و اثر متقابل آنها بر پارامترهای تبدیل معنی‌دار و سرعت دورانی مناسب روتور سفیدکن سایشی افقی برای برنج رقم کامفیروزی ۶۰۰ و برای برنج رقم آمل ۳ از ۶۰۰ تا ۶۵۰ دور در دقیقه است. همچنین، از نظر مقاومت به ترک و شکست، رقم کامفیروزی مقاوم‌تر ولی درصد سفیدی رقم آمل ۳ بیشتر است (Shaker, 2009).

در تحقیقی در مرکز بین المللی توسعهٔ تحقیقات کانادا (IDRC) گزارش شده است که در فرایند پاربویلینگ یک تن شلتوک برای خیساندن در آب گرم ۳۶۰، برای بخاردهی ۱۰۵/۵ و برای خشک کردن ۵۷۴ مگا ژول انرژی لازم است (Araullo *et al.*, 1985). در ممیزی مصرف انرژی در فرایند تبدیل شلتوک معمولی و پاربویل شده، گویال و همکاران نتیجه‌گیری کردند که مجموع مصرف انرژی در فرایند تبدیل برای شلتوک پاربویل شده حدود ۴۰/۶ درصد بیشتر از مصرف انرژی فرایند تبدیل برای شلتوک معمولی است؛ در این تحقیق، ۵۲۷/۲۱ کیلو وات ساعت انرژی برای غوطه‌وری، ۷۵/۱۶ کیلو وات ساعت انرژی برای بخار دهی و ۲۷۱/۵۸ کیلو وات ساعت انرژی در فرایند خشک‌کردن شلتوک پاربویل شده مصرف شده‌است. گویال و همکاران همچنین به این نتیجه

Archive of SID

www.SID.ir

رسیدند که ۴۸ تا ۵۰ درصد انرژی الکتریکی مصرفی کل مربوط به ماشین‌های تبدیل است (Goyal *et.al.*,2008). در تحقیق یوسف ابراهیم در نیجریه نتیجه‌گیری شده است که ۵۴/۶ درصد از مجموع کل انرژی مصرف شده روزانه (۲۴۲۷/۴۴ مگا ژول) برای تبدیل برنج از سوخت دیزل است (Yusuf Ibrahim, 2011). شلتوک ماده‌ای است بیولوژیک که نحوهٔ خشک کردن، مقدار رطوبت دانه به هنگام تبدیل شدن، و شرایط دستگاه‌های تبدیل می‌تواند بر شاخص‌های کیفی آن نظیر ژلاتینه شدن، درصد آمیلوز و افزایش طول برنج پخته شده تاثیر قابل توجهی داشته باشد. دمای ژلاتینه شدن و میزان آمیلوز از صفات کیفی برنج هستند که درارزیابی کیفیت پخت اهمیت ویژه‌ای دارند. دمای ژلاتینه شدن مدت زمان لازم جهت پخت دانهٔ برنج است (Heda & Reddy, 1986). نتایج تحقیقات تجددی طلب و همکاران نشان می‌دهد که در فرایند تبدیل ارقام هاشمی و طارم با سامانه‌های سفیدکن اصطکاکی، دامنهٔ رطوبتی حدود ۱۰ درصد دامنه‌ای است مناسب. تجددی طلب و همکاران در تحقیقات خود همچنین نتیجه گرفته‌اند که پس از عملیات تبدیل، ارقام گوهری و کشوری، درمقایسه با ارقام هاشمی و طارم، دارای جذب آب کمتری هستند و نیز با کاهش مقدار رطوبت، درصدآمیلوز کاهش و مدت زمان پخت دانه‌های برنج افزایش می‌یابد (Tajaddoditalab *et al.*, 2013).

در این مقاله، اثر سه نوع سامانهٔ تبدیل شلتوک سنتی، نیمه مدرن و مدرن بر پارامترهایی مانند راندمان تبدیل، درجهٔ پوست‌کنی، درصد شکستگی برنج قهوه‌ای و برنج سفید، درجهٔ سفیدی و برخی شاخص‌های کیفی پس از پخت مانند ژلاتینه شدن، نسبت افزایش طول دانه و آمیلوز بررسی شده است. همچنین، مقدار انرژی مصرفی برای خشک کردن و تبدیل شلتوک به برنج سفید نیز با استفاده از داده‌های میدانی و اطلاعات به دست آمده از کارخانه‌های تبدیل برنج نیز برای هر سه سامانهٔ ارزیابی شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، سه نوع سامانه (سیستم) معمول در کارگاه‌های شالیکوبی در استان مازندران (شهرستان‌های آمل، بابل و محمود آباد) از لحاظ کیفیت تبدیل (پارامترهای مرتبط با تبدیل) بررسی و مقایسه شده‌اند؛ این سامانه‌ها شامل سامانهٔ تبدیل سنتی (پوست‌کن و سفیدکن تیغه‌ای)، نیمه‌مدرن (پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن تیغه‌ای) و مدرن (پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن سایشی) هستند. برنج هاشمی (رقم غالب) به عنوان مادهٔ آزمایشی ورودی در این پژوهش در نظر گرفته شد. قبل از هر آزمایش، کیفیت شلتوک از نظر مقدار رطوبت، درصد ناخالصی و پوکی، و میزان شلتوک شکسته تعیین گردید. رطوبت اولیهٔ نمونه‌ها بر اساس روش ذکر شده در استاندارد ملی شماره ۱۲۷ به میزان ۱۸ تا ۲۰ درصد (بر پایهٔ تر) تعیین گردید (Anonymous, 2001). برای اندازه‌گیری سریع رطوبت شلتوک‌ها از رطوبت‌سنج دستی (پرتابل) رسا یا G-won کره استفاده شد، دستگاه‌هایی که پیش از به کارگیری باید با روش آون کالیبره شوند (Anonymous, 2001). به منظور حذف اثر روش خشک کردن بر کیفیت تبدیل، شلتوک‌های ورودی با استفاده از خشک‌کن وعده‌ای بستر خوابیده متداول در کارگاه‌های شالیکوبی کشور خشک شدند. مخزن خشک‌کن تا ارتفاع حدود ۷۰ سانتی‌متر از شلتوک پر شده بود. پس از خشک شدن در محدودهٔ دمایی ۳۰ تا ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۲ ساعت، رطوبت دانه‌ها به حدود ۸ تا ۹ درصد رسید. بعد از خشک کردن شلتوک، درصد ترک‌دار بودن دانه‌ها با استفاده از دستگاه ترک‌بین ذکر شده در تحقیق پیمان و همکاران

Archive of SID

www.SID.ir

(Peyman *et al*., 1998) انـدازه‌گیـری شـد. ایـن دسـتگاه دارای یک چشمهٔ نور است که با بازتابش نور به صـفحه‌ای مشبک و قرارگیری دانه‌هـا روی آن، رویـت تـرک‌هـا را در دانه‌های برنج امکان‌پذیر می‌کنـد (Peyman *et al*., 1998). برای این منظور چهار نمونه ۵۰ دانه‌ای بـه طـور تصـادفی انتخاب و پوستهٔ آنها با دقت بـا دسـت کنـده و روی تـرک بین قرار داده شد. مقدار دانه‌هـای تـرک‌دار در نمونـه‌هـای خشک شده در حدود ۵ تا ۷ درصد بود. سپس شـلتوک‌هـا با توجه به تعداد سامانه‌های موجود به قسمت‌های مسـاوی تقسـیم شـدند و هـر قسـمت بـرای تبـدیل بـه یکـی از کارگاه‌های شالیکوبی مورد نظر منتقل گردید.

شـلتوک خشـک‌شـده بـه دسـتگاه‌هـای تبـدیل وارد و عملیات تبدیل در شرایط کـارکرد واقعـی همـان سـامانه دنبال شد. در هر آزمایش، از خروجی ماشـین‌هـای بوجـار شلتوک، پوست‌کن، پادیه (در سامانه سایشی)، سـفیدکـن، پولیشر (در سامانه سایشی) و الک برنج سـفید نمونـه‌هـای تصادفی گرفته شد. پارامترهای مورد انـدازه‌گیـری عبـارت بودند از: ناخالصی شلتوک بعد از بوجار، درصد پوست کنی شلتوک (نسبت برنج قهوه‌ای به شلتوک خروجی از ماشین پوست‌کن)، درصد شکستگی برنج قهوه‌ای (بعـد از ماشـین پوست‌کن) و درصد شکستگی برنج سفید (بعد از سفیدکن و پولیشـر)، رانـدمان تبـدیل (نسـبت وزن بـرنج سـفید به وزن شـلتوک ورودی) و درجـهٔ سـفیدی بـرنج (نسـبت اخـتلاف وزن بـرنج سـفید و بـرنج قهـوه‌ای بـه وزن بـرنج قهوه‌ای) (Heydari sultanabadi *et al*., 2008) و عملکـرد برنج سالم (نسبت وزن برنج سفید سالم به وزن کـل بـرنج سفید شده). برنج سفید بـه برنجـی اطـلاق مـی‌شـود کـه طول آن بزرگتر یا مساوی با سه چهارم طـول بـرنج کامـل باشد (Farouk & Islam, 1995). به عـلاوه، بـا اسـتفاده از روش‌هـای ذکـر شـده در اسـتاندارد ملـی شـمارهٔ ۱۲۷، تحقیقـات تجـددی‌طلـب و همکـاران و تحقیقـات پیمـان، شـاخص‌هـای کیفـی بـرنج پختـه شـده شـامل درصـد آمیلـوز، درصـد افـزایش طـول بعـد از پخـت و شـاخص ژلاتینـه شـدن بـرنج در تیمارهـای آزمـایش بررسـی شـد (Anonymous, 2001; Peyman, 2003; Tajaddoditalab *et al*., 2013). شاخص‌های کیفی ذکر شـده بـا روش‌هـای علمی در آزمایشگاه کیفـی بـرنج موسسـهٔ تحقیقـات بـرنج کشور اندازه‌گیری شد.

آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامـل تصـادفی بـا سه تیمار و سه تکرار اجرا شد. مقایسهٔ میانگین تیمارهـای آزمایشی نیز با استفاده از آزمون دانکن در سـطح احتمـال ۵ درصد اجرا شد.

علاوه بر موارد ذکر شده، انرژی مصرفی نیز در هر یک از سامانه‌های ذکر شده تحلیل شد. برای این منظور انـرژی مصرفی در هر سامانهٔ تبدیل شامل انرژی حرارتی سـوخت (سوخت‌های مـایع یـا گـازطبیعی) و انـرژی الکتریکـی بـا اسـتفاده از فـیش‌هـای گـاز مصـرفی و بـرق در دوره‌هـای ۲۸ روزه کـاری در یـک فصـل کـاری بـرای هـر کارخانـه محاسبه گردید. معمولاً بخش عمدهٔ مصرف سـوخت بـرای خشک کردن و بخش عمدهٔ مصرف برق برای دستگاه‌هـای تبدیل در نظر گرفته شد. در این بخش، انرژی‌های حرارتی و الکتریکی ویژه مصرف شده برای تبدیل یک تن شـلتوک برحسب کیلو وات ساعت به دست آمد و به مگاژول بر تـن شلتوک تبدیلی (مگا ژول بر تن) تبدیل و نتـایج حاصـل از این پژوهش با تحقیقات مشابه در داخل و خـارج از کشـور مقایسه گردید. جهت مشخص کردن مقدار گاز مصـرفی، از فیش پرداختی هر دوره استفاده و برای تعیین مقدار نفت و یا گازوئیل مصرفی از اطلاعات صاحبان کارگاه استفاده شد. بدین منظور اطلاعات مربوط به مقدار سـوخت مصـرفی در دوره مشخص شـد و مقـدار تبـدیل شـلتوک در آن دوره و همچنین مدت زمان لازم جهت خشک کـردن شـلتوک بـا حداکثر ظرفیت کاری آنهـا از هـر کارگـاه بـا داده بـرداری میدانی به دسـت آمـد. بـا تقسـیم کـردن مقـدار سـوخت مصرفی لازم در دورهٔ مـورد نظـر بـر مجمـوع سـاعات لازم

Archive of SID

www.SID.ir

جهت خشک کردن مقدار شلتوک خشک شده در آن دوره و همچنین تقسیم کردن این مقدار سوخت بر میزان شلتوک خشک شده (بر حسب تن) در همان دوره ، به ترتیب سوخت مصرفی در هر ساعت و برای تولید هر تن محاسبه شد.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس پارامترهای عملکردی و کیفی راندمان تبدیل، درصد شکست برنج قهوه‌ای بعد از پوست کن، درصد شکست برنج سفیدشده بعد از سفیدکن، درجهٔ سفیدی، درصد پوست‌کنی، درصد آمیلوز (AM)، درصد افزایش طول بعد از پخت (EL)، و شاخص ژلاتینه شدن (GT) در جدول ۱ ارائه شده است. مقایسهٔ میانگین‌های هر یک از پارامترهای ذکر شده نیز در جدول ۲ آورده شده است. تحلیل‌های هر یک از پارامترهای ذکر شده جداگانه ارائه می‌شود.

جدول ۱- تجزیهٔ واریانس پارامترهای عملکردی و کیفی برنج تبدیل شده

منابع تغییرات (S.O.V)	درجهٔ آزادی (df)	میانگین مربعات (M.S)							
		شاخص ژلاتینه شدن (GT)	نسبت افزایش طول بعد از پخت (EL)	درصد آمیلوز (AM)	درصد پوست‌کنی	درجهٔ سفیدی	درصد شکست برنج سفید بعد از سفیدکن	درصد راندمان تبدیل
تکرار	۲	۰/۰۵ ns	۰/۰۰۳*	۰/۱۴۹ ns	۱۵/۶۱ ns	۴/۲۳ ns	۶/۸۹ ns	۷/۳۴ ns
خطا	۴	۰/۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۹۶	۲۱/۱۱	۰/۷۳	۷/۵۴	۳/۱۵
کل	۸							
ضریب تغییرات (C.V)		۴/۳۷	۰/۹۷	۱/۴۳	۷/۵۱	۱/۵۰	۸/۶۹	۲/۸۰

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns: عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین‌های پارامترهای کیفی برنج تبدیل شده

تیمارهای آزمایشی	مقایسهٔ میانگین‌ها							
	شاخص ژلاتینه شدن (GT)	نسبت افزایش طول بعد از پخت (EL)	درصد آمیلوز (AM)	درصد پوست‌کنی	درجهٔ سفیدی	درصد شکست برنج قهوه‌ای بعد از پوست‌کن	درصد شکست برنج سفید بعد از سفیدکن	درصد راندمان تبدیل
سامانهٔ تبدیل سنتی (تیغه‌ای- تیغه‌ای)	۳/۷۹ a	۱/۶۴ a	۲۱/۸۰ a	۴۳/۰۶ b	۵۶/۱۱ b	۱۵/۱۹ a	۳۲/۹۹ a	۶۳/۵۸ a
سامانهٔ تبدیل نیمه‌مدرن (غلتکی-تیغه‌ای)	۳/۹۳ a	۱/۶۲ ab	۲۱/۵۰ a	۴۳/۸۰ b	۵۵/۳۷ b	۹/۰۳ b	۳۲/۳۷ a	۶۲/۴۵ a
سامانهٔ تبدیل مدرن (سایشی)	۳/۹۹ a	۱/۵۸ b	۲۱/۹۱ a	۹۶/۶۹ a	۵۹/۷۰ a	۱۳/۰۴ a	۲۹/۴۷ a	۶۳/۸۸ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت آماری معنی‌دار ندارد.

Archive of SID

www.SID.ir

مطابق با نتایج جدول ۱، از نظر راندمان تبدیل اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین سامانه‌های تبدیل دیده نمی شود. جدول مقایسهٔ میانگین ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که محدودهٔ تغییرات راندمان تبدیل بین سامانه‌های مختلف از ۶۲/۴۵ تا ۶۳/۵۸ درصد و بدین معناست که در عمل بین سامانه‌های قدیمی و جدید از لحاظ راندمان تبدیل برتری ویژه‌ای وجود ندارد، در حالی که در ارزیابی محققان خارجی (Ahmed, 1996; Jayasena & Ilangantileke, 1986; Gupta *et al.*, 2000; Firouzi & Alizadeh, 2011) راندمان تبدیل ماشین‌های مدرن در حدود ۳ تا ۵ درصد بالاتر از راندمان ماشین‌های سنتی نشان داده شده است. دلیل این امر در ایران به نظر می‌رسد این باشد که تنوع کارخانه‌های کوچک برای تبدیل برنج زیاد است و بین سامانه‌های تبدیل قدیمی و جدید در ظرفیت‌های تولید کم خیلی اختلاف زیادی وجود ندارد. افزون بر این، انرژی در صنایع کشاورزی ارزان است و به همین دلیل تا سال‌های اخیر رغبت چندانی برای اصلاح سلاختار قدیمی شالی‌کوبی‌ها مشاهده نشد. پیش‌بینی می‌شود که با افزایش قیمت حامل‌های انرژی، روند تغییر و اصلاح سامانه‌های تبدیل برنج سرعت بیشتری پیدا کند. در گزارش‌ها و تحقیقات گذشته نیز راندمان تبدیل برای سامانه‌های تبدیل برنج خارج از کشور بیش از ۶۵ درصد و برای سامانه‌های تبدیل داخلی در حدود ۶۰ تا ۶۳ گفته شده است (Peyman *et al.*, 1998; Jayasena & Uniconsultunnt, 1991; Ilangantileke, 1986). از دلایل اصلی بالاتر بودن راندمان سامانه‌های تبدیل خارج از کشور نسبت به سامانه‌های داخلی، ارقام، ویژگی‌های ذاتی، رطوبتی و فیزیکی خود شلتوک است.

جدول تجزیهٔ واریانس پارامترهای عملکردی وکیفی (جدول ۱) نشان می‌دهد که بین سامانه‌های تبدیل، از نظر درصد پوست‌کنی دستگاه پوست‌کن اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. دلیل بروز این اختلاف این است که در سامانه‌های تبدیل سنتی و نیمه‌مدرن همواره مقداری از شلتوک از دستگاه پوست‌کن خارج و در مرحلهٔ بعدی به همراه سفید کردن از برنج جدا می‌شود در حالی که در سامانه‌های تبدیل جدید بعد از عملیات پوست‌کنی، دستگاه پادیه دانه‌های پوست‌گیری نشده را از دانه‌های پوست گرفته شده جدا می‌کند و مجدداً به پوست‌کن بر می‌گرداند. از این رو خروجی سامانهٔ پوست‌گیری تقریباً تمام پوست اول شلتوک را گرفته است. به دلایلی که ذکر شد مقایسهٔ میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که در مرحلهٔ پوست‌کنی، بین پوست‌کن‌های سامانه‌های سنتی و نیمه‌مدرن اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و عملیات با راندمان کم حدود ۴۳ درصد پیش می‌رود. از این رو به عملیات تکمیلی پوست‌کنی در مراحل بعدی یا برگشتی به دستگاه نیاز خواهد بود. با افزودن پادیه به فرایند پوست‌کنی در سامانه‌های تبدیل جدید، پوست‌کنی به بیش از ۹۶ درصد افزایش یافته است.

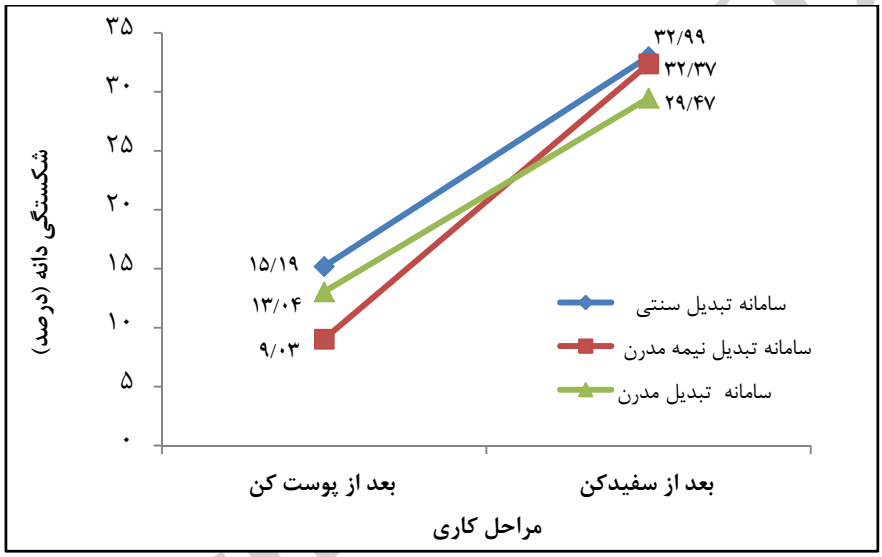
همان‌گونه که در جدول ۱ دیده می شود، از نظر شکست برنج قهوه‌ای بعد از پوست‌کن، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین سامانه‌های تبدیل وجود دارد. مقایسهٔ میانگین‌های دانه‌های شکسته شده بعد از مرحلهٔ پوست‌کنی در سامانه‌های مختلف تبدیل (جدول۲) نشان می‌دهد که کاربرد پوست‌کن غلتک لاستیکی در سامانه‌های تبدیل نیمه‌مدرن باعث کمترین میزان شکستگی دانه (حدود ۹ درصد) می‌شود در حالی که پوست‌کن تیغه‌ای در سامانه‌های قدیمی بیشترین مقدار (بیش از ۱۵ درصد) شکستگی را در برنج قهوه‌ای ایجاد می‌کند. این مسئله در تحقیقات قبلی (Heydari sultanabadi *et.al.*, 2010) نیز مشاهده شده است.

جدول تجزیهٔ واریانس پارامترهای عملکردی و کیفی (جدول ۱) نشان می دهد که بین سامانه های تبدیل از نظر شکست برنج سفید شده بعد از سفیدکن،

Archive of SID

www.SID.ir

اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود ندارد. مقایسهٔ میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بین ۲۹ تا حدود ۳۳ درصد از برنج سفید خارج شده از سفیدکن شکسته و از طبقه بندی برنج سالم (بزرگتر یا مساوی با سه چهارم طول برنج کامل) خارج می‌شود. از این لحاظ اختلاف معنی‌داری بین سه سامانهٔ تبدیل دیده نشد اما در سامانهٔ تبدیل مدرن برنج شکستهٔ کمتری دیده شد. شکل ۱ نشان می‌دهد که شیب تغییرات شکستگی در سامانه‌های تبدیل سنتی و مدرن تقریباً مشابه است. در سامانه‌های تبدیل نیمه‌مدرن در ابتدا دانه‌های کمتری به هنگام پوست‌کنی با پوست‌کن غلتک لاستیکی شکسته می‌شوند اما در مرحلهٔ سفیدکنی با سفیدکن‌های تیغه‌ای، افزایشی چشمگیر در دانه‌های شکسته مشاهده می‌شود. مشابه این نتایج در تحقیقات قبلی نیز دیده شده است (Firouzi and Alizadeh, 2011; Heydari sultanabadi *et.al.*, 2010)



شکل ۱- روند تغییرات شکستگی دانهٔ برنج در مراحل پوست‌کنی و سفیدکنی سامانه‌های مختلف تبدیل

در جدول ۱ دیده می‌شود که از نظر درجهٔ سفیدی برنج، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین سامانه‌های تبدیل وجود دارد. مقایسهٔ میانگین‌های درجهٔ سفیدی دانه‌های برنج در سامانه‌های مختلف تبدیل (جدول ۲) نشان می‌دهد که درجهٔ سفیدی سامانه‌های تبدیل جدید با سفیدکن‌های سایشی بیشتر است تا در سفیدکن‌های تیغه‌ای. در تحقیق حیدری سلطان آبادی و همکاران برای برنج‌های استان اصفهان، درجهٔ سفیدی با سفیدکن‌های تیغه‌ای دارای مارپیچ انتقال بیشتر از درجهٔ سفیدی با سفیدکن‌های سایشی اعلام شده است (Heydari sultan Abadi *et al.*, 2008). نتایج تحقیق تجددی طلب و همکاران نشان می‌دهد که درجهٔ سفیدی برنج تبدیل شده با سفیدکن سایشی به طور معنی‌داری بیشتر از درجهٔ سفیدی برنج حاصل از خروجی سفیدکن مالشی (اصطکاکی) است (Tajaddoditalab *et al.*, 2013). جدول تجزیهٔ واریانس پارامترهای عملکردی و کیفی (جدول ۱) نشان می‌دهد که از نظر تغییرات درصد آمیلوز در برنج سفید، بین سامانه‌های تبدیل اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد. مقایسهٔ میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد مقدار آمیلوز برنج تبدیل شده در حدود ۲۱ تا ۲۲ درصد در نوسان است و سامانهٔ تبدیل در افزایش یا کاهش این

www.SID.ir

شاخص تاثیر معنی‌داری ندارد. آمیلوز شاخصی مناسب برای تعیین کیفیت پخت است و بالا بودن آن موجب حجیم شدن برنج در هنگام پخت می‌شود. مقدار آمیلوز در بیشتر ارقام پرطرفدار برنج در ایران متوسط و بین ۲۰ تا ۲۵ درصد است (Peyman, 2003). ویژگی‌های آمیلوز و شاخص ژلاتینه شده به خصوصیات ژنتیکی برنج مربوط می‌شود اما برخی تحقیقات نشان می‌دهد که مقدار خشک شدن شلتوک و درجهٔ تبدیل آن می‌تواند بر جذب مجدد آب و تغییرات این دو شاخص تاثیر داشته باشد. تحقیقات محمد صالح و میولنت نشان می‌دهد که با افزایش درجهٔ تبدیل، میزان جذب آب در برنج بالا می‌رود. همچنین، تحقیقات ژانگ و لن نیز نشان می‌دهد که خصوصیات بافت برنج پخته شده شامل سختی و چسبندگی با افزایش آمیلوز و پروتئین کاهش پیدا می‌کند (Zheng & Lan. 2007; Mohammed Saleh & Meullenet, 2007).

تحقیقات تجددی طلب و همکاران نیز نشان می‌دهد که سامانه‌های خشک‌کن روی تغییرات درصد آمیلوز تاثیری ندارند اما در صد آمیلوز در برنج تبدیل شده با سامانه اصطکاکی بیشتر از در صد آمیلوز در برنج تبدیل شده با سامانه سایشی است (Tajaddoditalab *et al*., 2013).

جدول تجزیهٔ واریانس پارامترهای عملکردی و کیفی (جدول ۱) نشان می‌دهد که از نظر تغییرات درصد افزایش طول دانه بعد از پخت، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین سامانه‌های تبدیل وجود دارد. مقایسهٔ میانگین‌ها در جدول ۲ نیز نشان می‌دهد که بیشترین درصد افزایش طول دانهٔ برنج بعد از پخت مربوط به برنج تبدیل شده با سامانهٔ سنتی و به میزان حدود ۱/۶۴ درصد و کمترین آن (۱/۵۸ درصد) مربوط به برنج تبدیل شده با سامانهٔ مدرن است. جدول تجزیهٔ واریانس پارامترهای عملکردی و کیفی (جدول ۱) نشان می‌دهد که بین سامانه‌های تبدیل از نظر تغییرات شاخص ژلاتینه شدن در برنج سفید، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد. مقایسهٔ میانگین‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد که بین تیمارهای آزمایشی، این شاخص در محدودهٔ ۳/۹۷ تا ۳/۹۹ قرار دارد(جدول ۲).

عمده‌ترین منبع انرژی مصرفی در کارخانهٔ شالیکوبی برق و گاز است. با توجه به مراحل مختلف کار، دیده می‌شود که بخش عمدهٔ گاز در مرحلهٔ خشک کردن و بخش عمدهٔ برق در مراحل بعد از خشک کردن مصرف می‌شود. از این‌رو می‌توان در یک نگاه کلی ابتدا به میزان گاز مصرف شده در مرحله خشک کردن پرداخت و پس از آن میزان برق مصرفی کارخانه را در دورهٔ فرایند تبدیل برای یک فصل کاری بررسی کرد. طبیعتاً از بررسی مصرف گاز و برق در یک فصل کاری می توان وضعیت کلی مصرف این دو نهاده را در آن فصل کاری برآورد کرد.

تحقیقات در شالیکوبی های استان مازندران نشان می‌دهد که برای خشک کردن شلتوک در یک فصل کاری کارخانه به طور متوسط حدود ۵۰۰۰ متر مکعب گاز در ماه و با احتساب کار کرد ۳ تا ۵ ماهه کارخانه شالیکوبی، حدود ۱۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ متر مکعب گاز در سال مصرف می‌شود. با در نظر گرفتن متوسط ظرفیت تبدیل شلتوک در استان (در حدود ۱۱۳۶ تن در سال)، مشخص می‌شود که در این استان برای خشک کردن یک تن شلتوک به طور متوسط حدود ۱۸/۹۹ متر مکعب گاز مصرف می‌شود. با توجه به میزان ارزش حرارتی یک متر مکعب گاز طبیعی ایران (۸۶۰۰Kcal) و انجام تبدیل واحد، میزان انرژی ایجاد شده از سوخت هر متر مکعب گاز طبیعی ۳۶۰۰۶/۴۸ کیلو ژول محاسبه شد (Anonymous, 2007). بدین ترتیب برای خشک کردن یک تن شلتوک ۶۸۳۷۶۳/۰۶ کیلو ژول = ۳۶۰۰۶/۴۸ × ۱۸/۹۹یا حدود ۶۸۳/۸ مگاژول انرژی حرارتی مصرف می‌شود. با استفاده از بررسی متوسط هزینه‌های پرداختی گاز مصرفی

www.SID.ir

در یک فصل کاری، هزینهٔ ویژهٔ گاز مصرفی در سال ۹۲ برای خشک کردن هر کیلو گرم شلتوک ۴۷/۹ ریال به دست می‌آید. با توجه به متوسط ظرفیت تبدیل سالیانه، هزینهٔ گاز مصرفی تبدیل شلتوک در این تحقیق ۵۱۶۶۶۶۶۶ ریال (حدود پنج میلیون و یکصد هزار تومان) برآورد می‌شود. در ارزیابی مصرف برق در فرایند تبدیل برنج در استان مازندران، داده‌های برداشت شده نشان می‌دهد که در یک فصل کاری به طور متوسط ۱۲۴۷۳ کیلو وات ساعت برق در ماه مصرف می‌شود. با توجه به ظرفیت تبدیل سالیانه (حدود ۱۱۳۶ تن) در استان، برای تبدیل یک تن شلتوک به برنج سفید به طور متوسط حدود ۴۴ کیلو وات ساعت برق مصرف می‌شود. از رابطهٔ ۳۶۰۰ کیلو ژول = ۱ کیلو وات ساعت می‌توان نتیجه گرفت که برای تبدیل یک تن شلتوک حدود ۱۵۸۴۰۰ کیلو ژول (معادل ۱۵۸/۴ مگا ژول) انرژی الکتریکی مصرف می‌شود. در اینجا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در فرایند تبدیل، میزان مصرف انرژی حرارتی حدود ۸۱ درصد و انرژی الکتریکی حدود ۱۹ درصد است (شکل۲). نتایج به دست آمده از بررسی مصرف انرژی در خشک‌کن‌های صنعتی برنج نیز نشان می‌دهد که برای خشک کردن یک تن شلتوک پارابویل شده ۵۷۴ مگاژول انرژی مصرف می‌شود (Araullo *et al.*, 1985). در سامانه های تبدیل برنج تیغه‌ای و مدرن در بنگلادش نیز برای تبدیل برنج دارای رطوبت حدود ۱۴ درصد، مصرف انرژی الکتریکی به ترتیب ۶۸/۴۰ مگاژول و ۱۰۵ /۳۳ مگاژول به دست آمده است (Ahiduzzaman & Sadrul Islam, 2009).

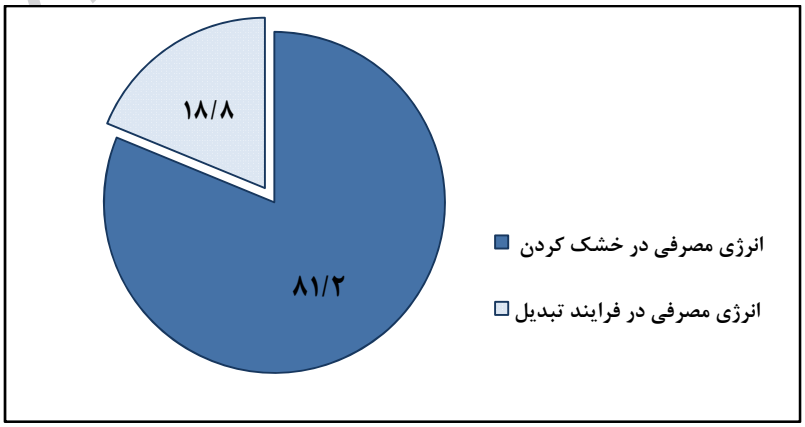
تحقیق حاضر و مقایسهٔ آن با تحقیقات مشابه در برخی کشورهای تولید کنندهٔ برنج نشان می‌دهد که مصرف انرژی در فرایند خشک کردن شلتوک در کشور ما بالاتر است. لازم است گفته شود که بخش عمدهٔ داده‌ها برای شالی‌هایی با رطوبت کمتر از ۲۰ درصد است که با دست برداشت شده‌اند. اگر برداشت با ماشین و رطوبت شالی بیشتر از ۲۰ درصد باشد، این احتمال وجود دارد که تا حدود ۲۵ درصد بر مصرف انرژی خشک کردن شالی اضافه شود. بدین ترتیب اصلاح ساختار خشک کردن و تبدیل شالی در استان‌های شمالی کشور از اولویت‌های مهم اجرایی خواهد بود.

مجموع انرژی برقی و حرارتی مصرف شده برای تبدیل یک تن شالی در مقاله حاضر به شرح زیر است:

*** انرژی مصرفی کل= انرژی الکتریکی+ انرژی حرارتی**

*** انرژی مصرفی کل:**

(مگاژول) ۸۴۲/۲ = (مگاژول) ۶۸۳/۸ + (مگاژول) ۱۵۸/۴



شکل۲- تقسیم‌بندی سهم انرژی مصرفی برای خشک کردن و تبدیل شالی (درصد)

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در مقایسه با پوست‌کن تیغه‌ای در سامانه‌های قدیمی، کاربرد پوست‌کن غلتک لاستیکی در سامانه‌های تبدیل نیمه‌مدرن کمترین میزان شکستگی دانه را به دست می‌دهد. همچنین، افزودن پادیه به فرایند پوست‌کنی در سامانه‌های تبدیل جدید موجب افزایش پوست‌کنی به بیش از ۹۶ درصد می‌شود.

از نظر درصد شکست برنج سفید شده بعد از سفیدکن، اختلاف معنی‌داری بین سامانه‌های تبدیل وجود ندارد. شیب تغییرات شکستگی در سامانه‌های تبدیل سنتی و مدرن تقریباً مشابه است. درجهٔ سفیدی برنج در سامانه‌های تبدیل جدید با سفیدکن‌های سایشی به طور قابل توجهی بیشتر از درجهٔ سفیدی برنج در سفیدکن‌های تیغه‌ای است.

بیشترین افزایش طول دانهٔ برنج بعد از پخت مربوط به برنج تبدیل شده با سامانهٔ سنتی است که حدود ۱/۶۴ درصد طول آن افزایش پیدا می‌کند و کمترین آن (۱/۵۸ درصد) مربوط به برنج تبدیل شده با سامانهٔ مدرن است. سامانه‌های تبدیل در افزایش یا کاهش درصد آمیلوز برنج تاثیری ندارند و این شاخص در برنج تبدیل شده بین ۲۱ تا ۲۲ درصد در نوسان است. تغییرات شاخص ژلاتینه شدن در برنج های سفید تبدیل شده نیز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. این شاخص بین تیمارهای آزمایش در محدوده ۳/۹۷ تا ۳/۹۹ قرار دارد.

داده برداری این تحقیق نشان می‌دهد که برای خشک کردن یک تن شلتوک به طور متوسط حدود ۱۸/۹۹ متر مکعب گاز یعنی حدود ۶۸۳/۸ مگاژول انرژی مصرف می‌شود. همچنین، برای تبدیل یک تن شلتوک به برنج سفید به طور متوسط حدود ۴۴ کیلو وات ساعت برق (معادل ۱۵۸/۴ مگاژول انرژی الکتریکی) مصرف می‌شود. به طور میانگین برای تبدیل یک تن شالی ۸۴۲/۲ مگاژول انرژی حرارتی و الکتریکی مصرف می‌شود.

منابع

Afzalinia, S. and Shaker, M. 2004. Comparison of milling rice combination and better one selection. Research report No. 83.805. Agricultural engineering research institute. 35 pages. (in Persian)

Ahiduzzaman, M. and Sadrul Islam, A. K. M. 2009. Energy Utilization and Environmental Aspects of Rice Processing Industries in Bangladesh. Energies, 2, 134-149.

Ahmed, A. 1996. Centrifugal rice huller-an active device for rice rocessing. AMA. 27(2): 29-32.

Alizadeh, M. R. 2006. Study of husking degree on rice breaking. Research report No. 85.547 Rice Research Institute of Iran. Rasht. (in Persian)

Alizadeh, M. R. 2011. Effect of paddy husked ratio on rice breakage and whiteness during milling process. AJCS. 5(5): 562-565.

Anonymous.2001. Rice- specification and test methods. National standard No 127. Standard and industrial research institute of Iran. (in Persian)

Anonymous. 2007. Saba information site, www.sabainfo.ir/fa/news/684

Araullo, E. V., Depadua, D.B. and Graham, M. 1985. Rice post-harvest technology. IDRC-053e. International Development Research Centre: Ottawa, Canada, pp.198-200.

Bhattacharya, K.R. 1980. Breakage of rice during milling. A Review, Trop. Sci., 22: 225.

Basunia, M.A. and Abe, T. 1998. Diffusion cofficients for predicting rough rice drying behavior from low to high temperatures. Inter J. Agric. Eng. 7(3-4): 147-158.

Archive of SID

www.SID.ir

Bautista, R.C., Siebenmorgen, T.J. and Mauromoustakos, A. 2009. The role of rice individual kernel moisture content distributions at harvest on milling quality. Transactions of the ASABE 52(5):1611-1620.

Farouk, S.M. and Islam, M.N. 1995. Effect of parboiling and milling parameters on breakage of rice grains. Agric Mech in Asia, Africa and Latin Am (AMA). 26(4): 33-38.

Firouzi, S. and Alizadeh, M. R. 2011. Effect of Whitener Type and Paddy Moisture Content on Rice Grain Damage During Milling Process. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 10(3): 470-474.

Jahandideh koodehi, H. 1995. Study on waste reduction in rice milling process. Master of science thesis in food science and industries. Tarbiat modaress university. 140 pages. (in Persian)

Heda, D. G., and Reddy, G. M. 1986. Studies on the inheritance of amylase content and gelatinization temperature in rice (Oryza sativa L). Genetic Agriculture. 40, 1-8.

Heydari sultanabadi. M., Ghazvini, H. R. and Malek, S. 2008. Determination of suitable moisture content of Isfehan rice varieties in blade and abrasive whiteners. CD Proceeding of 5th agricultural machinery and mechanization of Iran. Ferdosi university. (in Persian)

Heydari sultanabadi, M., Malek, S., Ghazvini, H.R., Shaker, M. and Hedayatizadeh, M. 2010. Losses in blade and abrasive systems by moisture content for three rice varieties. J. Agric Eng. Rese.11(1): 67-84 (in Persian)

Gawade, B.J. and Jadhav, M.S. 1996. Comparative study of rice mills. proceeding of international agricultural engineering Conf., Pune. India. 9-12 Dec.

Goodman, D, E. and Rao, R. M. 1985. Effect of grain type and milled rice kernel hardness on the head rice yield. J. Food Sci. 50, 840-842.

Goyal, S.K., Jogand S.V. and Agarwal, A.K. 2008. A study of energy audit in rice processing machines. Prog. Agric. 8(1): 34-38.

Gupta, S.K., Sadhna, A. and Sehgal, V.K. 2000. Techn-Economics evaluation of modern rice milling system in Punjab. J. Res. 37(3/4): 232-238.

Jayasena, W.V. and Ilangantileke, S.G. 1986. Losses of Rice during milling in commercial rice mills of Serilanka. AMA.17(3): 37-40.

Mohammed, I. S. and Meullenet, J. F. 2007 , Effect of Moisture Content at Harvest and Degree of Milling (Based on Surface Lipid Content) on the Rexture Properties of Cooked Long-Grain Rice. 84(2):119-124.

Peyman, M. H., Alizadeh M. R. and Minaee, S.1998. Study on technical operation of Rice milling factories in Gilan province. Technical report. Jihad Sazandegi organization. Gilan province. (in Persian)

Peyman, M. H. 2003. Rice waste in milling process. Booklet of Rice milling wastes workshop. Agricultural Campus, Gilan University. (in Persian)

Pillaiyar, P. and Govindasamy, R. 1985. Influence of metal and emery huller on the degree of milling and rice temperature. J. Food Sci. Technol. India. 22(2): 79-82.

Peuty, M. A., Themelin, A., Bonazzi, C. Arnaud, G., Salokhe, V. M. and Singh, G. 1994. Paddy drying quality improvement by process optimization. In Proceedings I: International Agricultural Engineering Conference: 298-304. Bankok, Thailand.

Rahman, M. A., Kaddus, M.D. and Ahmed, A. 1996. Status of rice processing technology in bangladesh. AMA. 27(1): 30-46.

Archive of SID

www.SID.ir

Shaker, M. 2006. Determination of the most proper of paddy prevalent varieties moisture content range during milling in Fars province. Research report No. 85.1345. Agricultural engineering research institute. Karaj.

Shaker, M. 2009. Effect of speed variations in abrasive rice whitening on milling properties of two varieties of rice in Fars province. J. Agric. Eng. Res. 9(4): 45-56. (in Persian)

Siebenmorgen, T. J., Qin, G. and Jia, C. 2005. Influence of drying on rice fissure formation rates and mechanical strength distributions. Transactions of the ASAE.: 48(5): 1835-1841.

Soleymani, M. 1998. Effects of dryer parmeters on rice quality parameters and breaking. Master of science thesis in food science and industries. Tarbiat modaress university. 190 pages. (in Persian)

Tajaddoditalab, K., Latifi ,A., Alizadeh, M. R., Habibi, F. and Tavasoli, V. .2013. Effect of dryer temperature, final paddy moisture content and whitener on head rice and cooking quality of some Iranian rice varieties. Research report No. 44952. Rice research Institute of Iran. (in Persian)

Uniconsultant. 1991. Study on the estimation of seed, feed and post-harvest of food grain crops in Bangladesh. Food Planning and Monitoring Unit, Ministry of Food, Govt. of Bangladesh.

Wimberly, J. E. 1983. Paddy rice postharvest industry in developing countries. IRRI. Philippines: 144pp.

Yusuf Ibrahim, H. 2011. Energy use analysis in rice milling: a case study of lafia rice mill nasarawa state, Nigeria. Elixir Agriculture. 35, 2760-2763.

Zheng, X., and Lan,Y. 2007. Effects of Drying Temperature and Moisture Content on Rice Taste Quality. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP07 023. Vol IX.

Archive of SID

www.SID.ir

AERI
Journal of Engineering Research in Agricultural Mechanization and Systems /Vol.17/No.66/2016/P:15-28

Comparison of Operational Parameters and Energy Consumption in Rice Milling Systems (Case Study in Mazandaran Province)

H. R. Gazor*, M. R. Alizadeh and M. Younesi Alamouti

* Corresponding Author: Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: hgazor@yahoo.com
Received: 26 October 2016, Accepted: 8 February 2016

In this research, operational process and energy consumption of paddy milling factories in three categories: conventional system (Engelberg Machine for hulling and whitening), semi modern system (Rubber roll dehusker and Engelberg whitener), modern system (Rubber roll husker and abrasive whitener) were investigated in Mazandaran province of Iran. Besides, milling efficiency, Degree of hulling, breakage percent of brown rice and white rice, degree of whitening, and quality factors gelatinization index, percentage of elongation and amylose of cooked rice were studied. Analysis of results indicated that no significant difference exist in degree of milling among conventional, semi modern and modern systems. The changes in the milling efficiency ranged between 62.45 to 63.58 percents. The milling systems had significant difference in hulling operation. Using rubber roll de husker decreased grain breakage and adding gravity separator to dehulling process increased dehulling to 96 percent. Engelberg de husker and whitener had significant effect on brown rice breakage and whitening than Rubber roll dehusker respectively. Results showed yhat, modern rice milling system had less harmful effects on rice than other systems. Rice milling systems did not have significant effect on amylose and gelatinization index of white rice. The parameters and gelatinization index varied in treatments from 21 to 22 percent and 3.97 to 3.99 respectively. Using of conventional milling system has more effect on cooked rice elongation percent than other systems. Results showed that, drying and milling of paddy consume 683.8 and 158.4 MJ thermal and electrical energy per ton respectively.

Key Words: Drying, Energy, Milling, Paddy, Rice

Archive of SID

www.SID.ir