مجله مهندسی بیوسیستم ایران
دوره ۳۹، شماره ۱، ۱۳۸۷ (۱۱۹-۱۰۹)

اثر نوع دستگاه سفیدکن، رقم و مدت زمان سفیدکنی بر درصد شکست، درجه سفیدشدگی و شاخص سفیدشدگی برنج

سید مهدی هاشمی نسب[۱]، سید احمد طباطبایی‌فر[۲]، مهدی قاسمی ورنامخواستی[۳]، سعید مینایی[۴] و محمدرضا علیزاده[۵]
۱، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی ـ واحد علوم و تحقیقات تهران
۲، ۳، استاد و دانشجوی دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴، دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۵، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور
(تاریخ دریافت: ۸۶/۱۰/۱۱- تاریخ تصویب: ۸۷/۴/۱۲)

چکیده

سفیدکنی برنج مرحله‌ای است که بعد از پوست‌کنی انجام می‌گیرد. به منظور کاهش ضایعات برنج کشور، بررسی عملکرد دستگاه‌های سفیدکن مورد استفاده در خط تبدیل ارقام غالب استان مازندران، که دارای بیشترین سطح زیرکشت و تولید شلتوک کشور است، ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، پژوهشی در سطح آزمایشگاهی در قالب فاکتوریل با سه فاکتور رقم در سه سطح (طارم، هیبرید و فجر)، نوع دستگاه سفیدکن در دو سطح (سایشی و اصطکاکی) و مدت زمان سفید کردن برنج در شش سطح (۲۵، ۳۵، ٤٥، ٥٥، ٦٥ و ۷۵ ثانیه) با ۳٦ تیمار بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش مدت زمان سفید کردن تا ۷۵ ثانیه، درجه سفیدی به ۵۳/۳۹ درصد افزایش یافت که به دلیل بیشتر ماندن برنج قهوه‌ای در محفظه سفیدکن می‌باشد. به طورکلی در تمام حالات درجه سفیدشدگی رقم هیبرید بیشترین و رقم فجر کمترین بود. رقم طارم بالاترین (۰/۳٦۰) و رقم هیبرید پایین‌ترین (۰/۲٤۷) مقدار شاخص سفیدشدگی را در هر دو دستگاه داشتند. بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که اثر عوامل نوع ماشین سفیدکن و رقم شلتوک و همچنین اثر عامل مدت زمان سفیدکنی برنج، اثر متقابل ماشین سفیدکن در رقم شلتوک بر همه صفات مورد بررسی معنی‌دار است. بر اساس مقدار شکست، میزان شکستگی رقم فجر برای هر دو دستگاه به یک اندازه و برای رقم طارم در سفیدکن سایشی ۱۰/۲۳ درصد کمتر نسبت به سفیدکن مالشی بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: سفیدکن برنج، درجه سفیدشدگی، مدت زمان سفیدکنی، درصد شکست، شاخص سفیدشدگی

مقدمه

برنج بعد ازگندم دومین غذای اصلی ایران به شمار می‌رود که کیفیت سفید کردن آن بر ارزش اقتصادی این محصول اثرگذار است. با توجه به اینکه مهمترین عامل تعیین کننده بهای شلتوک، میزان بازیافت برنج سالم است لذا با افزایش درصد شکست، ارزش اقتصادی دانه به شدت کاهش می‌یابد تا جایی که قیمت برنج شکسته معادل یک سوم تا یک پنجم قیمت برنج سالم بوده و این کاهش

* نویسنده مسئول: سیداحمد طباطبایی‌فر تلفن: ۰۲۶۱-۲۸۰۸۱۳۸
E-mail: atabfar@ut.ac.ir

مستقیماً متوجه تولیدکننده می‌باشد. شکست برنج تابع عوامل زیادی نظیر رقم، مدیریت زراعی، رطوبت هنگام برداشت و تبدیل، روش خشک کردن و وسایل به کار گرفته شده در مراحل تولید به ویژه سیستم تبدیل است (۴،۱۲،۱۳، ۲۱).

تحقیقات زیادی در مورد سیستم تبدیل برنج صورت گرفته است. اسمیت و مک کری (۱۹۵۱) مقادیر زیادی از رقم‌های مختلف برنج را در مدت زمان سفیدکنی از ۱۵ تا ۹۰ ثانیه سفید کردند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین برنج خرد ایجاد شده در مرحله سفیدکنی در ۱۵ ثانیه اول اتفاق می‌افتد. آنوارول و همکاران (۱۹۹۷) وضعیت تبدیل برنج را در بنگلادش مورد ارزیابی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که فرآوری نامناسب قبل از عملیات سفیدکنی، از عوامل مهم شکست برنج محسوب می‌شود. باتیستا و سیبنمورگن (۲۰۰۰) در تحقیقات خود دریافتند که افزایش زمان قرارگیری در محفظه سفیدکنی، مقدار شکست برنج حاصله را زیاد می‌کند. تحقیق یان و همکاران (۲۰۰۵) برای تولید برنج سفید در یک سیستم تبدیل سایشی عمودی، نشان داد که دور محور سفیدکن و محتوای رطوبت بر درصد سفیدشدگی دارای اثر معنی‌داری می‌باشد، به طوری که با افزایش رطوبت و دور محور، درصد سفیدشدگی افزایش می‌یابد. موهاپاترا و بل (۲۰۰۷) در تحقیقی به بررسی تأثیر درجه سفیدشدگی بر کیفیت پخت برنج پرداختند، آنها گزارش دادند که با افزایش درجه سفیدشدگی (از ۲ تا ۱۸ درصد) کیفیت پخت برنج افزایش می‌یابد و در نهایت به منظور حصول بهترین شاخص پخت، درجه سفیدشدگی را در محدوده ۱۰ تا ۱۳ درصد برای ارقام مورد آزمایش مناسب دانستند. اخیراً یاداو و جیندال (۲۰۰۸) با بررسی پارامترهای کیفی برنج سفیدشده و عوامل موثر بر آن گزارش کردند که با افزایش مدت زمان سفیدکنی، شاخص سفیدشدگی برنج به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

در ایران نیز تحقیق‌های مفیدی انجام شده است. هاشمی و فاطمی (۱۹۹۷) با بررسی و برآورد ضایعات برنج در مرحله تبدیل گزارش کردند که مقدار ضایعات در مرحله پوست کنی و سفید کنی برنج، گاهی به ۵۰ درصد می‌رسد که حدود ۱ تا ۲ درصد مربوط به پوست‌کن و بقیه مربوط به سفیدکن است. تجددی‌طلب و علیزاده (۲۰۰۵) در تحقیقات خود روی دو فاکتور مدت زمان سفیدکنی و نوع رقم در عملیات سفیدکنی با سفیدکن مالشی در سطح آزمایشگاهی و فاکتور سطح مقطع خروجی جایگزین مدت زمان سفید کردن در سطح صنعتی به این نتیجه رسیدند که با افزایش مدت زمان سفید کردن در سطح آزمایشگاهی و یا با کاهش سطح مقطع خروجی سفیدکن صنعتی، به دلیل ماندن بیشتر برنج قهوه‌ای در محفظه سفیدکن، بر درجه سفیدی محصول خروجی افزوده می‌گردد. به طور کلی در تمامی حالات درجه سفید شدگی رقم علی کاظمی بیشترین و سپیدرود کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. نتایج تحقیق حیدری سلطان آبادی (۱۹۹۹) نشان داد که هر چه زمان سفیدکنی افزایش یابد، شاخص سفیدشدگی بیشتر می‌شود. او نشان داد که میزان این شاخص در زمان سفیدکنی ۳ دقیقه، ۰/۵۹ و در زمان سفیدکنی ۱ دقیقه، ۰/۴۵ می‌باشد. از طرفی نتایج او نشان داد که در حالت ۲۵۰ کیلوگرم برنج ورودی به سفیدکن در واحد زمان، شاخص سفیدشدگی بیشتر از حالتی است که میزان برنج ورودی به سفیدکن ۱۵۰ کیلوگرم در واحد زمان می‌باشد. باقری مرندی و همکاران (۲۰۰۳)، تحقیقی در سطح آزمایشگاهی تحت عنوان بررسی و مقایسه کیفیت عملکرد دو نوع سفیدکن برنج سایشی و مالشی روی ارقام برنج ژاپونیکا و ایندیکا انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که سفیدکن مالشی بیشتر مناسب برنج‌های گروه چمپا و ژاپنیکاست و برای سفید کردن ارقام برنج دانه بلند و متوسط ایندیکا، سفیدکن سایشی به علت ایجاد درصد خرد کمتر، مناسب‌تر می‌باشد. در تحقیق دیگری قاسمی ورنامخواستی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی اثر دور توپی و مقدار خروجی برنج بر کیفیت رقم سرخه و سازندگی (ارقام برنج اصفهان) در سفیدکن تیغه‌ای بهینه شده، بیشترین درصد شکستگی را برای رقم سازندگی گزارش کردند.

فناوری کارگاه‌های شالیکوبی ایران به بیش از پنجاه سال قبل بر می‌گردد و برای ارقام گروه چمپای برنج به عنوان رقم غالب آن زمان، فناوری مناسب محسوب می‌شده است ولی با تغییر ارقام برنج در سال‌های بعد و غالب شدن

کشت ارقام دانه بلند ایندیکا در سطح کشور، تحول در صنعت شالیکوبی ضروری بوده که این تاکنون اتفاق نیفتاده است. از این رو، بررسی عملکرد این نوع سفیدکن‌ها درباره ارقام فوق و مطالعه در مورد پارامترهای درصد شکست (خرد) و شاخص سفیدشدگی این دستگاه‌ها، می تواند راهکارهایی را برای کاهش ضایعات تبدیل در اختیار ما قرار دهد. بر این اساس هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی تأثیر دو نوع دستگاه سفیدکن سایشی و اصطکاکی و مدت زمان مرحله سفیدکنی بر شاخص‌های ارقام غالب برنج مازندران شامل درصد خرد، درجه و شاخص سفیدشدگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

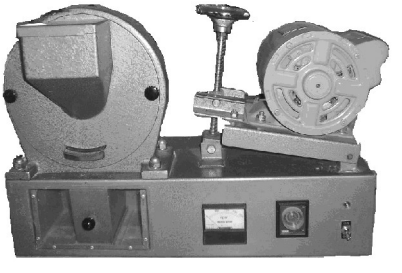
در اجرای طرح مربوطه، آزمایش‌ها در قالب فاکتوریل با سه فاکتور، رقم (در سه سطح: طارم، هیبرید و فجر)، نوع دستگاه سفیدکن (در دو سطح: سایشی و اصطکاکی) و مدت زمان سفید کردن برنج (در شش سطح: ۲۵، ۳۵، ۴۵، ۵۵، ۶۵ و ۷۵ ثانیه) با ۳۶ تیمار بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد.

با توجه به وسعت و عملکرد در واحد سطح و همچنین بنا به اهمیت تولید در استان مازندران، سه رقم فجر، هیبرید و طارم محلی برای انجام تحقیقات در نظر گرفته شد (۲). پس از تهیه ارقام مذکور از معاونت موسسه تحقیقات برنج آمل (قطعات زمین از نظر مدیریت زراعی یکسان بودند)، درابتدا رطوبت ارقام با استفاده از رطوبت‌سنج الکترونیکی (Model: GMK – 303RS, South Korea, 2003) تعیین گردید. اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان داد که رطوبت اولیه ارقام فجر، هیبرید و طارم به ترتیب ۱۳/۴، ۱۴/۴ و ۱۵/۶ درصد (بر پایه وزن تر) می‌باشد. با توجه به ارقام برگزیده و تحقیقات گذشته لازم بود که آزمایش‌ها در سطح رطوبتی ۱۰/۵- ۹/۵ (بر پایه وزن تر) درصد صورت گیرد (۲). در این راستا از خشک کن نوع بستر خوابیده با ظرفیت ۸۰۰ کیلوگرم، موجود در کارخانه برنج‌کوبی بخش فنی مهندسی موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت، استفاده گردید. آزمایش‌ها در دمای ۲۹ درجه سانتیگراد و در رطوبت نسبی ۷۸ درصد در اوایل پاییز انجام شد. رطوبت شلتوک با تنظیم دمای هوای خشک‌کن در محدوده ۴۵-۴۰ درجه سانتیگراد به مقدار مورد نظر رسانده شد (۱۴). با توجه به اینکه برای نمونه‌های مربوط به سفیدکنی در هر واحد آزمایشی، بطور متوسط، نمونه ۳۰۰ گرمی در نظر گرفته شده بود، برای سفیدکنی از هر رقم در یک سطح سفیدکن با توجه به تکرار و مدت زمان آزمایش، ۱۸ نمونه (۳×۶) با وزن ۵/۴ کیلوگرم شلتوک لازم بود. لذا با احتساب دو نمونه اضافی از هر رقم در همان سطح زمانی برای انجام پاره‌ای از آزمایش‌ها، می بایست ۲۰ نمونه با وزن کل شش کیلوگرم تهیه می‌شد. در نتیجه کل شلتوک لازم برای آزمایش، ۱۲۰ نمونه ۳۰۰ گرمی یعنی ۳۶ کیلوگرم به دست آمد. با توجه به کاهش وزن نمونه‌ها پس از خشک کنی و آزمایش‌های جانبی، میزان ۴۵ کیلوگرم شلتوک (از هر رقم ۱۵ کیلوگرم) تهیه گردید.

با توجه به اینکه آزمایش‌ها در مقیاس کوچک و به صورت آزمایشگاهی انجام گرفت،ازپوست‌کن غلتک لاستیکی آزمایشگاهی استفاده شد(۱۸). دور کند این پوست کن ۸۵۰ دور در دقیقه و دور تند آن ۱۵۸۶ دور در دقیقه است که توسط دورسنج (Model: DT 22-36 , Taiwan, 1999) اندازه‌گیری شد. در این دستگاه، شلتوک از مخزن دستگاه وارد شده و پس از عبور از بین دو غلتک این دستگاه که با سرعت‌های مختلف و در خلاف جهت یکدیگر در حال گردش هستند، پوست شلتوک کنده شده و مخلوط دانه و پوست در مسیر نیروی مکش دمنده دستگاه قرار می‌گیرند. به این ترتیب پوست که سبکتر بوده از مخلوط جدا می‌شود. برای سفید کردن نمونه‌های آزمایشگاهی جهت بدست آوردن درصد خرد (شکست) و شاخص سفید شدگی برنج، از دو دستگاه سفیدکن آزمایشگاهی مالشی (McGill Miller, Satake Engineering Co., Tokyo Japan, 1998) موسسه تحقیقات برنج کشور و سفیدکن آزمایشگاهی سایشی (NipponSharyio, Tokyo Japan, TGM- 400 1999) موجود در طرح توسعه کشاورزی حوزه آبریز هراز (Capic) استفاده شد (شکل‌های ۱ و ۲). حجم محفظه سفیدکنی سفیدکن مالشی از ۱۰۰ تا ۱۲۰ گرم برنج قهوه‌ای می‌باشد. سرعت توپی آن ۱۴۲۵ دور بر دقیقه و موتور آن از نوع AC با توان ۲۵۰ وات و ۵۰ هرتز می‌باشد. از فشار وزنه جهت وارد کردن فشار بیشتر در

محفظه سفیدکنی و شدت سفیدشدگی بیشتر استفاده می‌شود.

شکل ۱- سفیدکن آزمایشگاهی مالشی
Mc Gill Miller, Satake Engineering, Co., Tokyo (Japan, 1998)



شکل ۲- سفیدکن آزمایشگاهی سایشی
(TGM- 400 NipponSharyio, Tokyo Japan, 1999)

این سفیدکن مجهز به یک استارتر زمانی می‌باشد که از آن برای تنظیم مدت زمان سفیدکنی استفاده می‌شود. این استارتر، دارای قابلیت تنظیم از ۵ ثانیه تا ۱۲ ساعت می‌باشد. در این سفیدکن، سبوس خروجی با نیروی فشار وزنه از صفحه مشبک تحتانی آن خارج می‌شود. سفیدکن آزمایشگاهی سایشی از نوع سنگ سنباده بوده و توان موتور آن ۰/۴ کیلو وات و سرعت محور یا توپی آن ۱۴۲۰ دور در دقیقه و ولتاژ ۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز می‌باشد و با چرخش اهرم، فشار داخل محفظه تنظیم می‌شود. این دستگاه فاقد سیستم مکش برای خروج سبوس و یا پوسته از محفظه می‌باشد.

پس از پوست کنی، ۵۴ نمونه‌ی (۳×۳×۶) ۱۲۰ گرمی از کل نمونه‌ها برای سفیدکنی با سفیدکن مالشی و ۵۴ نمونه‌ی (۳×۳×۶) ۲۰۰ گرمی نیز برای سفیدکنی با سفیدکن سایشی، توزین گردید و به ترتیب طرح آزمایش، درون محفظه سفیدکن ریخته شد. استارتر زمانی سفیدکن بر روی مدت زمان سفیدکنی مربوطه تنظیم گردید و با روشن کردن هر یک از سفیدکن‌ها در مدت زمان تعیین شده، برنج سفید گردید. در هر سطح زمانی با توجه به تکرار، رقم و ماشین، ۱۸ نمونه (۲×۳×۳) برنج قهوه‌ای سفید شد. پس از سفیدکنی همه نمونه‌های مورد آزمایش در سطوح زمانی تعیین شده درون پلاستیکی که حاوی مشخصات مورد نظر (تکرار، رقم، سفیدکن و زمان) بود، ریخته و سر آن گره زده شد. از این نمونه‌ها برای تعیین درجه سفیدشدگی، درصد خرد در مرحله سفیدکنی و تعیین شاخص سفیدشدگی استفاده گردید.

به منظور تعیین درجه سفیدشدگی برنج از دستگاه سفیدی سنج (Model C-100, Japan, 2000) استفاده شد به طوری که در ابتدای هر آزمایش، قطعه مخصوص کالیبره کردن دستگاه وارد آن گردید که در این حالت نمایشگر عدد ثابت ۸۷/۶ را نشان داد که این عدد به عنوان شاخص تنظیم دستگاه مشخص شد. پس از کالیبراسیون دستگاه، ۵۰ گرم از هر نمونه سفید شده جدا گردیده و در دستگاه سفیدی سنج قرار گرفت و درجه سفیدی مربوط به هر نمونه، جداگانه اندازه‌گیری شد. معمولاً درجه سفیدی برنج به میزان سبوس بری بستگی دارد. جهت تعیین میزان شکستگی برنج نیاز به جدا کردن برنج خرد شده از برنج سالم بود که این کار ابتدا توسط دستگاه درجه بندی برنج ساخت شرکت ساتاک (Model MK-100, Satake Engineering Co., Tokyo, Japan, 2000) انجام شد (دستگاه مذکور دارای قدرت ۰/۲۵ کیلووات و دور ۲۸ rpm می‌باشد) و برای تکمیل کار، جدا کردن به طور دستی انجام گرفت. از برنج سفید شده، نمونه‌های ۱۰۰ گرمی انتخاب و برنج‌های بزرگتر و کوچکتر از ۰/۷۵ طول یک برنج سفید کامل از یکدیگر جدا شدند. نسبت وزن دانه‌های برنج بزرگتر از۰/۷۵ طول یک برنج سفید سالم به وزن کل نمونه سفید شده درصد برنج سفید سالم و نسبت وزن دانه‌های برنج کوچکتر از آن، درصد شکستگی برنج را مشخص می‌کند (۱).

از جمله پارامترهای لازم برای محاسبه شاخص سفیدشدگی (رابطه ۱) تعیین درصد سفیدشدگی هر نمونه بود. اگر بعد از مرحله پوست کنی و قبل از سفیدکنی تمامی شلتوک پوست نشده از آن جدا می‌شد، این کار با شرایط آزمایش در سطح عمده و صنعتی برابر نبوده و کار ساده‌ای را برای تعیین سبوس جدا شده از برنج قهوه‌ای داشته‌ایم. در آزمایش صورت گرفته، جدا کردن شلتوک از برنج قهوه‌ای پس از مرحله پوست کنی یا قبل از سفیدکنی انجام نگرفت و درصد سبوس کنده شده از برنج قهوه‌ای در هر نمونه امکان پذیر نبود هر چند که در برنج سفید شده بوسیله سفیدکن سایشی دانه‌های شلتوک دیده می‌شد و تعیین درصد سفیدشدگی را برای هر نمونه غیر ممکن می‌کرد. به خاطر این مشکل از روش ذکر شده در تحقیقات پاندی و ساه (۱۹۹۳)، نسبت تفاضل وزن هزار دانه برنج قهوه‌ای سالم از هزار دانه برنج سفید سالم به وزن هزار دانه برنج قهوه‌ای، کمک گرفته شد. با توجه به اینکه وزن هزار دانه برنج قهوه‌ای ارقام مختلف برنج به طور متوسط تقریباً مقدار ثابتی است، با متوسط گیری از پنج نمونه، وزن هزار دانه هر رقم تعیین گردید.

با توجه به توضیحات مذکور، درصد سفیدشدگی هر نمونه طبق رابطه (۲) از حاصل تفاضل وزن هزار دانه برنج قهوه‌ای آن رقم از وزن هزار دانه برنج سفید شده هر نمونه بر وزن هزار دانه برنج قهوه‌ای آن رقم محاسبه شد.

$$Ind_w = (1-y)\left(\frac{S_w}{S_w + S_{br} + S_i}\right) \qquad (۱$$

که در آن:

Ind_w = شاخص سفیدشدگی برنج

S_w = درصد سفیدشدگی هر نمونه

y = درصد شلتوک مخلوط با برنج سفیدشده

S_i = درصد ناخالصی برنج سفید شده،

S_{br} = درصد شکستگی یا خرد هر نمونه می‌باشد.

$$S_w = \frac{(M_b - M_w)\times 100}{M_b} \qquad (۲$$

که در آن:

M_b = وزن برنج قهوه‌ای (g)

M_w = وزن برنج سفید شده (g) می‌باشد.

$$S_{br} = \frac{M_{br}\times 100}{M_w} \qquad (۳$$

که در آن: M_{br} = وزن برنج خرد (شکسته) موجود در برنج سفیدشده (g) می‌باشد.

$$y = \frac{E_2}{E_1} \qquad (۴$$

که در آن:

E_1 = تعداد دانه انتخاب شده (۱۰۰دانه)

E_2 = تعداد دانه پوست نشده می‌باشد.

قابل ذکر است که در رابطه (۱)، برای این که شرایط آزمایش برای هر دو دستگاه یکی شود و با شرایط صنعتی همخوانی داشته باشد مقدار S_i در هر دو نوع سفیدکن برابر صفر قرار داده شد و مقدار y هم برای سفیدکن اصطکاکی صفر در نظر گرفته شد زیرا برنج قهوه‌ای وارد شده به محفظه سفیدکن دارای هیچ گونه ناخالصی نبوده و پس از سفیدکنی هیچ شلتوکی در برنج سفید مشاهده نشد. اما در سفیدکن نوع سایشی به علت وجود شلتوک پوست نکنده در برنج سفید شده، مقدار y در هر مرحله اندازه‌گیری شد و در رابطه مورد نظر جایگذاری شد. در نهایت تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه بین میانگین‌های صفات مورد بررسی (به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن) به کمک نرم افزار SAS و ترسیم نمودارها با نرم افزارEXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در فرآیند سفیدکنی در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به جدول مذکور، اثر نوع دستگاه سفیدکن بر درجه سفیدشدگی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد که درجه سفیدشدگی در سفیدکن سایشی بطور معنی‌داری از سفیدکن اصطکاکی بالاتر است (جدول ۲) که می تواند به دلیل برداشتن بیشتر سبوس و یا لایه سطحی از برنج سفید در این سفیدکن باشد. پیلای یار و گوین داسامی (۱۹۸۵) نیز در تحقیقات خود به همین نتیجه رسیدند.

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲، مقدار شکست برنج در سفیدکن سایشی کمتر است که می‌تواند به علت

تولید گرما و فشار بالای ایجاد شده در سفیدکن اصطکاکی باشد (۶).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در عملیات سفیدکنی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)		
		درجه سفیدشدگی	درصد شکستگی	شاخص سفیدشدگی
بلوک (تکرار)	۲	۷/۹۹۷ n.s	۶/۲۸۲ n.s	۰/۰۰۲ n.s
نوع دستگاه سفیدکن	۱	۳۳۴۸/۹۱**	۵۸۴/۰۹**	۰/۲۱۴**
رقم محصول	۲	۷۶۶/۷۸**	۴۳۸/۵۸**	۰/۱۱۵**
مدت زمان	۵	۲۹۹/۰۴**	۷۲/۹۶۴**	۰/۰۳۷**
دستگاه × رقم	۲	۳۰/۵۲**	۲۳۲/۷۹**	۰/۰۰۴*
دستگاه × زمان	۵	۲/۹۹۵ n.s	۱/۴۵۶ n.s	۰/۰۰۰۴ n.s
رقم × زمان	۱۰	۵/۲۵۳ n.s	۱/۱۷۰ n.s	۰/۰۰۲ n.s
دستگاه×رقم×زمان	۱۰	۲/۲۵۸ n.s	۲/۳۳۳ n.s	۰/۰۰۰۹ n.s
خطا	۷۰	۴/۳۸۲	۵/۱۰۶	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات C.V.٪		۴/۳۰	۱۴/۵۱	۱۰/۳۷

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- اثر دستگاه سفیدکن بر صفات مورد بررسی

دستگاه سفیدکن	درجه سفیدشدگی (٪)	درصد شکست (٪)	شاخص سفیدشدگی
اصطکاکی	۴۳/۰۶b	۱۷/۹۰a	۰/۲۵۹c
سایشی	۵۴/۲۰a	۱۳/۲۵b	۰/۳۴۸a

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

بر اساس یافته‌های حاصل از این تحقیق، نوع دستگاه سفیدکن تأثیر معنی‌داری بر شاخص سفیدشدگی در سطح احتمال ۱٪ دارد (جدول ۱) به طوری که شاخص سفیدکنی در سفیدکن سایشی (۰/۳۴۸)، اختلاف معنی‌داری با مقدار آن در سفیدکن اصطکاکی (۰/۲۵۹)نشان می‌دهد (جدول۲). بالا بودن نسبت سبوس بری به شکست برنج می‌تواند دلیل اصلی افزایش شاخص سفیدکنی در سفیدکن سایشی باشد، هر چند که در زمان‌های ابتدایی کار دستگاه، شلتوک پوست نکنده در این سفیدکن علت اصلی کاهش شاخص سفیدکنی می‌باشد. نتایج تحقیقات حیدری سلطان آبادی (۱۹۹۹) نشان داد که وجود شلتوک در برنج قهوه‌ای، باعث کاهش شاخص سفیدشدگی می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر درجه سفیدشدگی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول۱). بر طبق آزمون دانکن، درجه سفیدشدگی دو رقم فجر و طارم بطور معنی‌داری کمتر از رقم هیبرید است (جدول۳). همچنین درجه سفیدشدگی در رقم فجر، بطور معنی‌داری بیشتر از رقم طارم است. علت بالا بودن درجه سفیدشدگی رقم فجر را می‌توان به جدا شدن راحت‌تر و بیشتر لایه سبوس از برنج قهوه‌ای نسبت به رقم طارم نسبت داد. اما رقم هیبرید به علت خصوصیات فیزیکی و ژنتیکی، سبوس کمتری نسبت به دو رقم فجر و طارم داراست لذا در زمان‌های بالاتر به علت کمی وجود سبوس در دانه، لایه سطحی از برنج سفید به اصطلاح پولیش داده می‌شود و به این علت برنج سفید شده این رقم نسبت به دو رقم دیگر، سفیدتر بوده و درجه سفیدشدگی بیشتری دارد. بیشترین مقدار خرد برنج در رقم فجر مشاهده شده که مقدار آن اختلاف معنی‌داری با دیگر ارقام داشت که علت آن را می‌توان در تفاوت در شکل ظاهری، خصوصیات ژنتیکی، رطوبت و مقاومت مکانیکی دانه‌ها جستجو کرد. همچنین همانطور که جدول ۳ نشان می‌دهد کمترین شاخص سفیدشدگی برای رقم هیبرید و بیشترین شاخص سفیدشدگی برای رقم طارم ایجاد شده است. علت این نکته به درصد سبوس جدا شده بیشتر در رقم طارم بر می‌گردد. در مقایسه شاخص سفیدشدگی رقم فجر با طارم می‌توان گفت میزان خرد ایجاد شده در رقم فجر علت کاهش این شاخص می‌باشد.

جدول ۳- اثر رقم بر صفات مورد بررسی

رقم محصول	درجه سفیدشدگی (٪)	درصد شکست (٪)	شاخص سفیدشدگی
طارم محلی	۴۴/۸۶ c	۱۴/۸۸ b	۰/۳۶۰ a
فجر	۴۷/۲۶ b	۱۹/۳۶ a	۰/۳۰۳ b
هیبرید	۵۳/۷۸ a	۱۲/۴۸ c	۰/۲۴۷ c

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

بررسی نتایج اثر مدت زمان سفیدکنی بر صفات مورد اندازه‌گیری، نشان داد که اثر آن در سطح احتمال ۱٪ بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار است (جدول۱). بر طبق

جدول ۴ مشخص می‌شود که با افزایش مدت زمان سفیدکنی، درجه سفیدشدگی افزایش می‌یابد. افزایش مدت زمان سفیدکنی به منزله برداشتن سبوس بیشتر و صیقل‌تر نمودن سطح دانه است (۱۱). پاندی و ساه (۱۹۹۳) تحقیقی را در مورد اثر زمان سفیدکنی و درجه سفیدکنی روی درصد شکست پنج رقم شلتوک انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که درصد شکست با زمان سفیدکنی رابطه غیر خطی دارد در حالیکه درصد شکست با درجه سفیدی رابطه‌ای مستقیم (خطی) دارد. همچنین در تحقیق آنها رفتار شکست دانه مستقل از رقم شلتوک شناخته شد (۱۷).

جدول ۴- اثر مدت زمان سفیدکنی بر صفات مورد بررسی

مدت زمان (s)	درجه سفیدشدگی (٪)	درصد شکست (٪)	شاخص سفیدشدگی
۲۵	۴۳ c	۱۲/۳۰ d	۰/۲۲۶ d
۳۵	۴۴/۶۳ c	۱۴/۵۹ c	۰/۲۸۳ c
۴۵	۴۸/۸۲ b	۱۵/۳۶ bc	۰/۳۰۱ bc
۵۵	۵۰/۰۳ b	۱۶/۱۹ abc	۰/۳۲۳ ab
۶۵	۵۱/۹ a	۱۶/۹۴ ab	۰/۳۴۱ a
۷۵	۵۳/۳۹ a	۱۸/۰۸ a	۰/۳۴۸ a

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

بر اساس جدول ۴، با افزایش زمان سفیدکنی، درصد خرد برنج نیز افزایش می‌یابد که این نتیجه با تحقیقات محققین دیگر نیز مطابقت دارد (۶ و ۱۹). نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان قرارگیری برنج قهوه‌ای در محفظه سفیدکن، شکست دانه بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد (جدول۴) که علت این امر بیشتر مربوط به افزایش گرما و فشار درون محفظه می‌باشد. نتایج نشان داد میزان شکستگی برنج ایجاد شده در مدت زمان ۳۵ ثانیه، بطور معنی‌داری کمتر از مقدار آن در دو زمان ۶۵ و ۷۵ ثانیه است.

نتایج نشان داد که شاخص سفیدکنی با افزایش مدت زمان سفید کردن، به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (جدول ۴). نتایج به دست آمده در این تحقیق با بررسی‌های حیدری سلطان‌آبادی (۱۹۹۹) مطابقت می‌کند. او نشان داد که میزان این شاخص در زمان سفیدکنی ۳ دقیقه، ۰/۵۹ و در زمان سفیدکنی ۱ دقیقه، ۰/۴۵ می‌باشد. با توجه با اینکه در تحقیق حاضر، شاخص سفیدکنی برنج در ۶۵ و ۷۵ ثانیه، اختلاف معنی‌داری با مقدار آن در زمان سفیدکنی ۲۵، ۳۵ و ۴۵ ثانیه نشان می‌دهد می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مدت زمان سفیدکنی از ۲۵ به ۷۵ ثانیه، سبوس بیشتری از سطح برنج قهوه‌ای برداشته می‌شود و در نتیجه وزن برنج سفیدشده کاهش می‌یابد. این امر باعث افزایش درجه سفیدشدگی برنج شده و در نتیجه با توجه به رابطه ۱ باعث افزایش شاخص سفیدشدگی می‌شود. یاداو و جیندال (۲۰۰۸) نیز در تحقیقات خود به نتیجه مشابهی رسیدند. البته میزان خرده برنج سفید و مقدار شلتوک پوست نشده موجود در برنج سفید نیز بر شاخص سفیدشدگی تأثیرگذار می‌باشد. برای تعیین مدت زمان مناسب سفیدکنی، علاوه بر این دو معیار (شکست کمتر، درجه سفیدی بیشتر)، میزان مصرف انرژی برای سفیدکن هم می‌تواند دخیل باشد. با در نظر گرفتن مدت زمان کمتر برای سفیدکنی، انرژی کمتری مصرف می‌شود (۲۰).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۱، اثرات متقابل دستگاه و رقم بر درجه سفیدشدگی در سطح احتمال ۱٪ و بر شاخص سفیدشدگی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. نتایج مقایسه اثر متقابل عوامل فوق بر صفات مورد بررسی به روش دانکن، در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به جدول مذکور، در دستگاه سفیدکن اصطکاکی، درجه سفیدشدگی رقم فجر و طارم اختلاف معنی‌داری با هم ندارند اما در سفیدکن سایشی، درجه سفیدشدگی این دو رقم اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد و برای رقم فجر بیشتر از رقم طارم می‌باشد که می‌تواند مربوط به چسبندگی لایه سبوس به آندوسپرم برنج و نیز انرژی مصرفی برای جداسازی سبوس در ارقام مختلف باشد. درجه سفیدشدگی رقم هیبرید در هر دو دستگاه سفیدکن بطور معنی‌داری بیشتر از ارقام دیگر بوده است که این مساله می‌تواند به کم بودن ضخامت لایه سبوس در این رقم مربوط باشد. آزمایش‌ها نشان داد که اثر متقابل دستگاه و رقم بر مقدار شکست بوجود آمده، معنی‌دار می‌باشد. رقم فجر در هر دو دستگاه سفیدکن بالاترین مقدار شکست را به خود اختصاص داده است که این نکته می‌تواند مربوط به

خصوصیات فیزیکی این رقم به علت دارا بودن ضریب رعنایی بالاتر نسبت به ارقام دیگر باشد (طول، عرض و ضخامت ارقام طارم، فجر و هیبرید به ترتیب ۷/۲۹، ۲/۱۶، ۱/۷۴ – ۷/۹۴، ۱/۱،۷۳/۸۹ – ۸/۵۶، ۱/۹۸، ۱/۷۷ میلیمتر). دلیل این امر را می‌توان در افزایش بازوی گشتاور در دانه‌های با ضریب رعنایی بیشتر جستجو کرد که در موقع اعمال نیرو به دانه برنج منجر به ایجاد مقدار تنش بیشتری نسبت به دانه‌هایی با ضریب رعنایی کمتر می‌شود. ماتئوس و اسپادارو (۱۹۷۶)، گودمن و رائو (۱۹۸۵) و کلمنت و سگوی (۱۹۹۴) در تحقیقات خود هم به همین نتیجه رسیدند که دانه‌های بلند و باریک یعنی رعناتر در فرآیند تبدیل بسیار حساس هستند و شکست بیشتری را به دنبال خواهند داشت. همچنین مقدار خرد ارقام طارم و فجر در سفیدکن اصطکاکی اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد و در سفیدکن سایشی هم برای ارقام طارم و هیبرید اختلاف معنی‌داری در این مقدار دیده نمی شود.

بر طبق جدول ۵، مقدار شکست ایجاد شده برای رقم طارم در سفیدکن اصطکاکی بیشترین و در سفیدکن سایشی کمترین بوده است و این نکته احتمالاً به خصوصیات فیزیکی رقم و مقدار و جهت نیروهای وارد شده در دو دستگاه مربوط می‌شود. باقری مرندی و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی آزمایشگاهی با بررسی و مقایسه اثر دو نوع سفیدکن برنج بر کیفیت ارقام برنج ژاپونیکا و ایندیکا به این نتیجه رسیدند که ارقام ایندیکا در سفیدکن سایشی کمترین و در سفیدکن اصطکاکی بیشترین مقدار شکست را به خود اختصاص می‌دهند. بررسی اثر متقابل دستگاه و رقم بر شاخص سفیدشدگی نشان می‌دهد که برای هر سه رقم، اختلاف معنی‌داری در شاخص سفیدشدگی در دو سطح سفیدکن وجود دارد. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل دستگاه و زمان بر هیچ کدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۱).

بر اساس نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول ۶)، مقدار شکست در سفیدکن اصطکاکی، در مدت زمان ۷۵ ثانیه، اختلاف معنی‌داری را با مقدار آن در مدت زمان ۲۵، ۳۵ و ۴۵ ثانیه نشان می‌دهد و بیشتر می‌باشد یعنی در این سفیدکن، سفیدکنی تا این مدت زمان (۴۵ ثانیه) برای ارقام مورد بررسی با توجه به مقدار شکست که از لحاظ اقتصادی مهم است، کافی می‌باشد.

جدول ۵- نتایج آزمون دانکن برای اثر متقابل دستگاه و رقم بر صفات مورد بررسی

دستگاه	رقم	درجه سفیدشدگی(٪)	مقدار شکست (٪)	شاخص سفیدشدگی
اصطکاکی	طارم	۴۰/۱۴ e	۲۰/۰۰ a	۰/۳۰۵ c
	فجر	۴۱/۸۱ e	۱۹/۵۰ a	۰/۲۶۸ d
	هیبرید	۴۷/۲۳ d	۱۴/۲۰ b	۰/۲۰۵ e
سایشی	طارم	۴۹/۵۷ c	۹/۷۷ c	۰/۴۱۶ a
	فجر	۵۲/۷۱ b	۱۹/۲۲ a	۰/۳۳۸ b
	هیبرید	۶۰/۳۲ a	۱۰/۷۶ c	۰/۲۹۰ cd

در هر ستون حروف مشترک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۶- نتایج آزمون دانکن برای اثر متقابل دستگاه و زمان بر صفات مورد بررسی

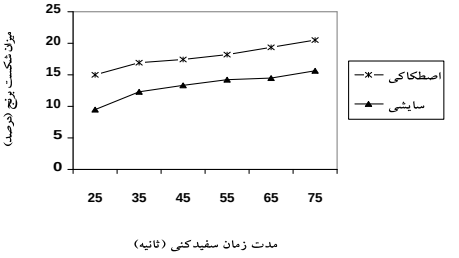
دستگاه	زمان	درجه سفیدشدگی(٪)	مقدار شکست(٪)	شاخص سفیدشدگی
اصطکاکی	۲۵	۳۸/۱۰ h	۱۵/۰۵ defg	۰/۱۸۶ g
	۳۵	۳۸/۶۸ h	۱۶/۸۸ bcde	۰/۲۴۳ f
	۴۵	۴۲/۹۹ g	۱۷/۴۲ bcd	۰/۲۵۹ ef
	۵۵	۴۴/۷۳ fg	۱۸/۱۶ abc	۰/۲۷۸ ef
	۶۵	۴۶/۰۲ ef	۱۹/۳۳ ab	۰/۲۸۹ de
	۷۵	۴۷/۸۴ e	۲۰/۵۶ a	۰/۲۹۹ de
سایشی	۲۵	۴۷/۹۰ e	۹/۵۴ h	۰/۲۶۶ ef
	۳۵	۵۰/۵۹ d	۱۲/۳۰ gh	۰/۳۲۲ cd
	۴۵	۵۴/۶۴ c	۱۳/۳۰ fg	۰/۳۴۳ bc
	۵۵	۵۵/۳۳ bc	۱۴/۲۱ efg	۰/۳۶۸ ab
	۶۵	۵۷/۷۸ ab	۱۴/۵۴ defg	۰/۳۹۲ a
	۷۵	۵۸/۹۴ a	۱۵/۶۰ cdef	۰/۳۹۷ a

در هر ستون حروف مشترک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

از طرف دیگر در هر دو سفیدکن با توجه به شکل۳ میزان شکست در فاصله زمانی ۲۵ تا ۳۵ ثانیه نسبت به دیگر فواصل زمانی محسوس‌تر است یعنی مدت زمان ۲۵ ثانیه می‌تواند زمان خوبی برای سفیدکنی در هر دو سفیدکن باشد. ضمن آنکه باید به ذائقه مصرف‌کنندگان از لحاظ عادت غذایی نیز توجه نمود.

شاخص سفیدی دستگاه معیاری برای مقایسه کارایی سفیدکن‌ها در زمان‌های مختلف سفیدکنی است. با توجه به رابطه ۱، در سفیدکن سایشی، بدلیل بیشتر برداشتن سبوس و یا لایه‌ای از برنج سفید و از طرفی برنج خرد کمتر،

شاخص سفیدکنی آن نسبت به سفیدکن اصطکاکی بالاتر است. هر چند که در دقایق ابتدایی کار این دستگاه، شلتوک پوست نکنده در میان برنج سفید شده مشاهده شد. اثر متقابل رقم و زمان بر درجه سفیدشدگی، میزان خرده برنج و شاخص سفیدشدگی اثر معنی‌داری نداشته است(جدول۱). همچنین اثرات متقابل رقم، دستگاه و زمان هم فاقد اثر معنی دار بر صفات مورد بررسی شناخته شد.



شکل ۳- اثر متقابل مدت زمان سفیدکنی و دستگاه بر میزان شکست برنج

نتیجه گیری و پیشنهادات

۱- نوع دستگاه سفیدکن از جمله عواملی بود که بر تمام صفات مورد بررسی اثر معنی دار داشته است. به طور کلی سفیدکن سایشی بیشترین درجه سفیدکنی و شاخص سفیدکنی را دارا بوده و سفیدکن مالشی بیشترین شکست برنج را باعث شده است.

۲- عامل رقم و شکل دانه بر تمام صفات مورد بررسی اثر معنی‌دار داشته است و به طور کلی رقم هیبرید بیشترین درجه سفیدشدگی و کمترین میزان خرد و شاخص سفیدشدگی را داشته است. رقم طارم نسبت به فجر، شاخص سفیدشدگی بیشتر و درجه سفیدشدگی کمتری دارد.

۳- به طور کلی با افزایش مدت زمان سفیدکنی از ۲۵ تا ۷۵ ثانیه به دلیل ماندن بیشتر برنج قهوه‌ای در محفظه سفیدکن، بر درجه سفیدشدگی، میزان شکست برنج و شاخص سفیدشدگی محصول خروجی به ترتیب ۱۰/۳۹، ۵/۷۸ و ۰/۱۲۲ درصد افزوده شد.

۴- به طورکلی با افزایش درجه سفیدشدگی برنج با گذشت زمان، بر میزان شکست برنج خروجی افزوده می‌شود. مدت زمان ۲۵ ثانیه به دلیل شکست کم ۱۲/۳۰ درصد و مصرف کمتر انرژی از سایر زمان‌ها، زمان خوبی برای عملیات سفیدکنی در هر دو سفیدکن باشد ضمن آنکه در حال حاضر ذائقه مصرف کنندگان به سمت برنج با سفیدی کمتر سوق پیدا کرده است.

۵- با توجه به درجه سفیدشدگی و میزان خرد، مدت زمان ۲۵ ثانیه برای ارقام فجر و هیبرید نیز مناسب به نظر می‌رسد اما برای رقم طارم اختلاف زیادی بین زمان ۲۵ و ۳۵ ثانیه از لحاظ خرد مشاهده نشد.

در انتها پیشنهاد می‌شود تحقیقات در سطح صنعتی برای مطمئن شدن از مناسب بودن جایگزینی سفیدکن سایشی بجای سفیدکن مالشی صورت گیرد و برآورد هزینه از دو سیستم که از این دو سفیدکن استفاده می‌کنند صورت گیرد. در سطح صنعتی مدل‌های متنوع و متفاوتی برای سفیدکن های مالشی و سایشی موجود است که باید کارهای مطالعاتی، طراحی- ساخت و یا نمونه‌سازی بر اساس شرایط کشور انجام گیرد چون بیشترین ضایعات برنج در این مرحله پیش می‌آید. همچنین توصیه می‌شود که کارخانه‌داران را به هنگام استفاده از سیستمهای جدید، راهنمایی کرده به نحوی که به دنبال دستگاه‌های کاهندهٔ درصد شکستگی و با ضایعات کمتر روند تا سرمایه‌گذاری آنها که بعضاً به کمک تسهیلات بانکی انجام می‌گیرد با شکست مواجه نگردد. لازم است که متولیان صنایع تبدیلی در وزارت جهاد کشاورزی را در جریان کیفیت کار سیستم‌های رایج و مدرن تبدیل قرارداده تا ضمن ترویج دستگاه‌های پربازده، به روند پرداخت تسهیلات احداث کارخانجات برنجکوبی، جهت‌دهی مثبتی اعمال نمایند تا سرمایه‌های ملی در جهت کاهش ضایعات بکار گرفته شود.

REFERENCES

1. Anonymous, 1990.Test code and procedure for rice mills. RNAM Test Codes and Procedures for Farm Machinery. Pasay City, Metro Manila, Philippines.
2. Anonymous, 2006. Final Report on cultivation of rice. Rice Office, Mazandaran.Iran

3. Anwarul Haque, A. K. M., N. H. Hury Choud, M. A. Quasem & R. Arboleda. 1997. Rice postharvest practices and loss estimates in Bangladesh- part III: Parboiling to milling. Agric. Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 28(3):51-55.
4. Babaeian Jelodar N. A. & H. A. Arefi. 2000. Effect of grain moisture content and temperature of dryer on milling characteristics of two Iranian rice cultivars (Amol-3 and Heraz). Iranian J. Agric. Sci. 31(2): 321-332.
5. Bagheri Marandi M., H. Kamyab & S. Adibi. 2003. A comparative study on performance of two rice milling machines (Abrasive and frictional) for Japonica and Indicia varieties. 10th Annual Rice Conference, Rasht, pp1.
6. Bautista, R. C. & T. J. Sibenmorgen. 2000. Evaluation of the IRRI test mill for use in milling small samples of rice. Ongoing Studies: Rice Quality and Processing. B. R. Wells Rice Research Series 2000.
7. Clement, G. & J. I. Seguy. 1994. Behavior of rice during processing. Agricultural and Development. 16:38-46.
8. Ghasemi Varnamkhasti, M., Mobli, H., Jafari, A., Heidari Soltanabadi, M., Keyhani, A.R., Rafiee, S.,2008. Processing quality of milled rice in modified blade type milling machine considering variety type, rotor speed and output flow rate. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci., 3(1), 70-78.
9. Goodman, D. E. & R. M. Rao. 1985. Effect of grain type and milled rice temper hardness on the head rice yield. J. Food Sci.. 50:840-842.
10. Hashemi C. & Fatemi H. 1997. An assessment of rice lossess during harvesting and milling processes. 6th Rice Symposium. pp 116-180.
11. Heidari Soltanabadi M. 1999. Design, fabrication and evaluation of a modified rice whitener. M.Sc. Thesis. Department of Agricultural Machinery Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
12. Kermani, A. M., T. Tavakoli, & M. H. Khoshtaghaza. 2006. Investigation of grain stress of two rice cultivars (Hashemi & Khazar) during thin-layer drying process. Iranian J. Agric. Sci. 37 (4): 697-705.
13. Khoshtaghaza, M. H., M. Soleymani, & M. Shahedi. 2002. Correlation of head rice yield (HRY) with rough rice fissuring and bending strength in drying process. Iranian J. Agric. Sci. 33(1): 115-121.
14. Khoshzamir A. 1993. Determination of appropriate temperature for drying in the process of rice milling. Final Report of Research. Rice Research Institute,. Rasht. Iran.
15. Matthews, J. & J. J. Spadaro. 1976. Breakage of long grain rice in relation to thickness. Cereal Chem. 53(1): 13-19.
16. Mohapatra, D., & S. Bal. 2007. Effect of degree of milling energy consumption, optical measurements and cooking quality of rice. J. Food Eng. 80(1): 119-125.
17. Pandey, J. P. & P. C. Sah. 1993. Rice kernel breakage kinetics in the process operation for bran removal. J. Food Sci. Tech. India. 30(1):41-46.
18. Peyman M. H. 2003. Investigation of energy consumption in husking and whitening process for three common rice cultivars in Gilan. Final Report of Reseach Plan. Gilan University.
19. Pillaiyar, P. & R. Govindasamy. 1985. Influence of metal and emery huller on the degree of milling and rice temperature. J. Food Sci. Tech. India. 22(2): 79-82.
20. Ruhi G. 2002. Investigation of energy consumption in husking and milling process for three common rice cultivars in Gilan. M.Sc. Thesis. Department of Agricultural Machinery Engineering. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
21. Shaker M. & M. R. Alizadeh. 2002. Determination of the best moisture content range of rough rice (Kamfirouzi) in order to reduce the rice losses. Final Report of Research. Agricultural Research Center of Fars (Zarghan).

22. Smith, W. D. & W. Mccrea. 1951. Where breakage occurs in the milling of rice. Rice J. 54(2):14 - 15. In: Rice Production and Utilization. Ed. By Bor S. Luh, AVI Publishing Co, INC.
23. Tajadoditalab K. & M. Alizadeh. 2005. Effect of polishing degree on rice breakage percentage for common rice cultivars in Gilan. Final Report of Research Plan. Rice Research Institute.
24. Yadav, B. K. & V. K. Jindal. 2008. Changes in head rice yield and whiteness during milling of rough rice (*Oryza Sativa* L.). J. Food Eng. 86: 113-121.
25. Yan, T.Y., J. H. Hong, & J. H. Chung. 2005. An improved method for the prediction of white embryo in vertical mill. Biosystems Eng., 49: 303-309.

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.