

بررسی درصد شکستگی و سفیدشدگی برنج رقم سرخه با استفاده از تویی دارای ماریچ انتقال در سفیدکن تیغه‌ای

مهدی قاسمی و رنامخواستی^۱، حسین مبلی^{۱*}، علی جعفری^۱، محسن حیدری سلطان آبادی^۲
و شاهین رفیعی^۱

(تاریخ دریافت: ۸۵/۱۰/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۹)

چکیده

سفید کردن برنج یکی از مراحل شالی‌کوبی است که اصلاح و بهینه‌سازی دستگاه‌های آن بر میزان ضایعات تأثیر قابل توجهی دارد. به‌منظور کاهش ضایعات برنج، تویی سفیدکن تیغه‌ای مجهز به ماریچ انتقال شد و با هدف بررسی تأثیر دور تویی و دبی خروجی بر کیفیت برنج رقم سرخه (از ارقام دانه متوسط برنج)، آزمایشی در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این تحقیق اثر دور تویی در چهار سطح ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ دور در دقیقه و دبی خروجی در سه سطح ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در ساعت بر کیفیت برنج سفید شده مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کمترین درصد شکستگی برنج (۲۰/۹۲ درصد) در دور ۷۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۶۰۰ کیلوگرم در ساعت و بیشترین درصد سفیدشدگی (۶/۳۳ درصد) در دور ۶۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۴۰۰ کیلوگرم در ساعت رخ داده است. بالاترین کیفیت برنج (درصد شکستگی کمتر و درصد سفیدشدگی بیشتر) با تویی جدید در دور ۶۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۵۰۰ کیلوگرم در ساعت حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: برنج، سفیدکن تیغه‌ای، ماریچ انتقال، درصد شکستگی، درصد سفیدشدگی، ضایعات

مقدمه

استان‌های عمده تولید کننده برنج است (۱).

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و محدودیت افزایش اراضی زیر کشت برنج، کاهش ضایعات در عملیات تولید برنج از اهمیت خاصی برخوردار است. آنچه که در روند تولید برنج نقش اساسی داشته و از نظر ضایعات نیز دارای اهمیت می‌باشد، مراحل تبدیل شلتوک به برنج سفید است، زیرا کیفیت تبدیل بر بازارپسندی و قیمت گذاری برنج تأثیرگذار است (۱۲).

برنج به‌عنوان دومین ماده غذایی ارزشمند، نقش حساسی را در تغذیه جهان کنونی به عهده دارد. ایران با داشتن ۰/۴۱ درصد سطح زیر کشت برنج دنیا، رتبه ۲۲ جهان و از نظر تولید، با داشتن ۰/۵ درصد کل تولید برنج جهان رتبه ۱۸ را در اختیار دارد (۵). استان اصفهان با داشتن ۱۸ هزار هکتار سطح زیر کشت برنج و تولید سالیانه ۱۰۰ هزار تن برنج یکی از

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیاران مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

۲. عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hmobli@ut.ac.ir

در مرحله تبدیل، ابتدا شلتوک مرطوب به وسیله خشک کن ها به رطوبت مناسب تبدیل رسیده و بعد از تمیز شدن وارد پوست کن می شود. حاصل عملیات پوست کنی شلتوک، برنج بدون پوشش یا برنج قهوه ای است. سپس برنج قهوه ای مخلوط با شلتوک (در صورت عدم استفاده از دستگاه جداساز شلتوک) وارد سفیدکن می شود. نیروهای وارد بر برنج قهوه ای، شامل نیروهای فشاری، نیروی وزن و نیروی اصطکاک می باشند. نتیجه اعمال این نیروها، جدا شدن بخشی از پوست سطح برنج است. نیروهای مذکور در تمامی جهات به برنج وارد شده و تعیین دقیق عکس العمل ناشی از این نیروها بسیار مشکل است (۲). عملیات پوست کنی و سفید کردن ممکن است در چند پوست کن و سفیدکن انجام شود. برنج سفید شده جهت براقی و شفافیت بیشتر وارد براق کن شده و نهایتاً درجه بندی می شود.

افضلی نیا و همکاران (۱۰) در بررسی روش های متفاوت سفید کردن برنج در استان فارس دریافتند که مناسب ترین ترکیب دستگاه ها در یک سیستم تبدیل، شامل پوست کن غلتک لاستیکی، سه واحد سفیدکن سایشی به صورت سری و سفیدکن تیغه ای به عنوان براق کننده نهایی برنج می باشد. هدایتی پور و همکاران (۹) با بررسی تأثیر رطوبت زمان تبدیل شلتوک بر درصد برنج خرد در دو نوع سفیدکن سایشی و اصطکاکی نشان دادند که در سفیدکن سایشی اثر رطوبت بر درصد شکستگی معنی دار بوده و کمترین درصد شکستگی در رطوبت ۱۲ درصد حاصل می شود. همچنین گزارش کردند که در سفیدکن اصطکاکی بر خلاف سفیدکن نوع سایشی با کاهش درصد رطوبت به زیر ۱۰ درصد، شکستگی افزایش پیدا نمی کند. قوامی و همکاران (۸) در بررسی اثر دور توپی و سطح مقطع دریچه خروجی سفیدکن تیغه ای رایج بر میزان شکستگی برنج دانه بلند رقم خزر، به این نتیجه رسیدند که با کاهش سطح مقطع دریچه خروجی و افزایش دور توپی، میزان شکستگی برنج افزایش می یابد.

طبق گزارش یجری (۱۷)، ۹۰ درصد شلتوک در هند توسط

سه سیستم سفیدکن تیغه ای، پوست کن صفحه ای جریان از زیر، سفیدکن تیغه ای و سیستم تبدیل مدرن (که در آن از سیستم هایی نظیر جداکننده شلتوک از برنج قهوه ای و سفیدکن های سایشی استفاده می شود) و مابقی به وسیله پادنگ به برنج سفید تبدیل می شود. موها پاترا و بل (۱۳) با پیش بینی افزایش دمای دانه در اثر سایش و اصطکاک، اثرات آن را بر کیفیت تبدیل برنج مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که از انرژی مصرفی در فرآیند تبدیل، حدود ۱۰٪ انرژی باعث گرم شدن برنج، ۵۶٪ جهت راه اندازی دستگاه ها و مابقی (حدود ۳۳٪) جهت سایش برنج مصرف می شود. تحقیق یان و همکاران (۱۶) برای تولید برنج سفید در یک سیستم تبدیل سایشی عمودی، نشان داد که دور محور سفیدکن و محتوای رطوبت بر درصد سفید شدگی اثر معنی داری دارد، به طوری که با افزایش رطوبت و دور محور، درصد سفید شدگی افزایش می یابد. موها پاترا و بل (۱۴) در تحقیقی به بررسی تأثیر درصد سفید شدگی بر کیفیت پخت برنج پرداختند، آنها گزارش دادند که با افزایش درصد سفید شدگی (از ۲ تا ۱۸ درصد) کیفیت پخت برنج افزایش می یابد و در نهایت به منظور حصول بهترین شاخص پخت، درصد سفید شدگی را در محدوده ۱۰ تا ۱۳ درصد برای ارقام مورد آزمایش مناسب دانستند. حیدری سلطان آبادی و همت (۳) ابتدا توپی جدیدی مجهز به مارپیچ انتقال برای سفیدکن تیغه ای ساختند و سپس با بررسی اثر فاصله تیغه از همزن و نیز اثر دبی خروجی بر کیفیت برنج در سفیدکن تیغه ای بهینه شده، به این نتیجه رسیدند که بهترین حالت کاری دستگاه با این توپی، دبی خروجی ۴۱۲ کیلوگرم در ساعت و فاصله ۱۱ تا ۱۲ میلی متر تیغه (نسبت به فاصله ۱۳ میلی متر) از همزن می باشد.

تحقیقات بر روی بهینه سازی سفیدکن تیغه ای با استفاده از مارپیچ انتقال نشان داد میزان شکستگی برنج رقم سازندگی در رطوبت ۱۳ درصد با سفیدکن تیغه ای رایج، ۲۳ درصد و در سفیدکن بهینه شده ۲۰/۵ درصد می باشد (۲). از عواملی که می تواند در عملکرد سفیدکن با توپی جدید (تجهیز شده به مارپیچ انتقال) نقش داشته باشد، سرعت دورانی توپی و دبی

مخروطی دورسینج (Pantec DTM30، ساخت ژاپن) به پولی مورد نظر انجام شد. برای تغییر دبی خروجی، سطح مقطع دریچه خروجی تغییر داده شد.

پس از تنظیم دور توپی و دبی خروجی مورد نظر، برای اجرای هر تیمار (مجموعاً ۶ تیمار)، ۱۸ کیلوگرم (برابر با حجم مخزن سفیدکن) مخلوط شلتوک و برنج قهوه‌ای حاصل از کار پوست‌کن در مخزن سفیدکن ریخته شد. در هر تیمار، برنج خروجی از سفیدکن جمع‌آوری و از آن سه نمونه ۱۵۰ گرمی به صورت تصادفی برداشت گردید. برای اندازه‌گیری درصد شکستگی و سفید شدگی برنج از روابط زیر استفاده شد (۱۱):

$$D.M = \frac{W_2 - W_1}{W_2} \quad [1]$$

$$B.P = \frac{W'}{W} \quad [2]$$

B.P (Breakage Percentage): درصد شکستگی

W': وزن برنج‌های کوچک‌تر از ۰/۷۵ طول یک برنج سفید سالم (برنج شکسته)

W: وزن کل نمونه

D.M (Degree of Milling): درصد سفید شدگی

W_۱: وزن هزار دانه برنج سفید سالم

W_۲: وزن هزار دانه برنج قهوه‌ای سالم

داده‌های به دست آمده به وسیله نرم‌افزار آماری SPSS 13 تجزیه و تحلیل شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن تهیه گردید.

نتایج و بحث

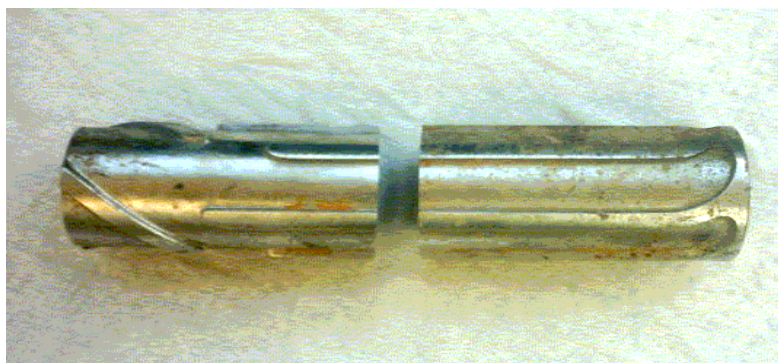
اثرات پارامترهای دور توپی و دبی خروجی بر درصد شکستگی برنج رقم سرخه در جدول تجزیه واریانس نشان داده شده است (جدول ۱). اثر دور توپی بر درصد شکستگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. تحلیل نیروهای وارد بر برنج در سفیدکن پیچیده است اما می‌توان آنها را به سه بخش تقسیم کرد. اول نیرویی است که مارپیچ انتقال در راستای حرکت

خروجی برنج است، لذا در این تحقیق تأثیر عوامل مذکور بر درصد شکستگی و درصد سفیدشدگی برنج رقم سرخه (از ارقام رایج منطقه اصفهان) مورد بررسی قرار گرفت.

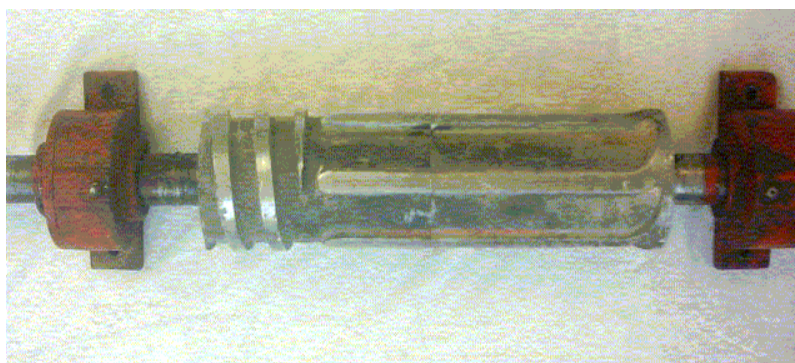
مواد و روش‌ها

در این تحقیق از توپی مجهز به مارپیچ انتقال ساخت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان استفاده شد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). طول توپی مذکور ۴۶ سانتی‌متر است که ۱۵ سانتی‌متر آن به عنوان مارپیچ انتقال و بقیه همزن محسوب می‌شود. در ابتدا، توپی مجهز به مارپیچ انتقال جایگزین توپی رایج در سفیدکن تیغه‌ای مارک حسن منصور شد. این سفیدکن به عنوان اولین سفیدکن خط تبدیل بود. آزمایش‌ها در برنج کوبی صاحب الزمان منطقه نجف آباد اصفهان انجام گردید. برای بررسی تأثیر دور توپی (در چهار سطح ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ دور در دقیقه) و دبی خروجی (در سه سطح ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ کیلو گرم در ساعت) بر کیفیت برنج، از رقم سرخه که یکی از ارقام رایج منطقه اصفهان است استفاده شد. رطوبت رقم سرخه با استفاده از رطوبت سنج الکترونیکی مدل SP-1D2 Kitte اندازه‌گیری شد که رطوبت آن ۱۰ درصد بر پایه تر به دست آمد. به علت مناسب بودن رطوبت رقم مذکور از خشک کن استفاده نشد (۶). بعد از تمیز کردن محصول، رقم مذکور با دو دستگاه پوست‌کن غلتکی مدل ISEKI HC600 در دور ۱۰۵۰ دور در دقیقه با ظرفیت ۸۰۰ کیلوگرم در ساعت پوست‌کنی شد. از خروجی پوست‌کن دوم، نمونه‌هایی ۱۵۰ گرمی برداشته شد. در این نمونه‌ها برنج قهوه‌ای سالم و شکسته و برنج پوست‌کنده نشده (شلتوک)، جدا شده و وزن گردید که درصد وزنی برنج قهوه‌ای سالم ۸۹/۵ درصد به دست آمد.

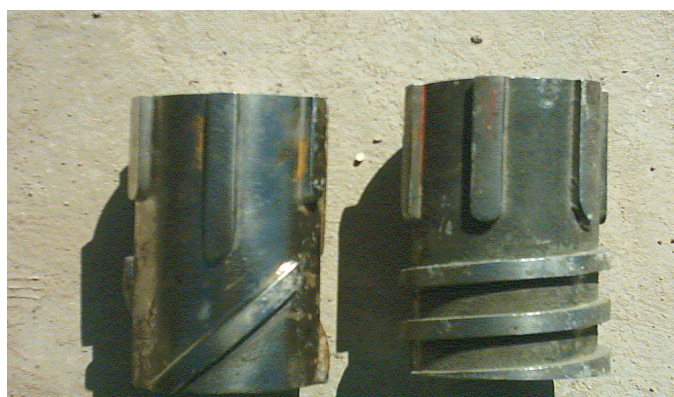
به منظور تغییر دور توپی، چهار عدد پولی سه تسمه‌ای با قطرهای ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ میلی‌متر ساخته شد. با توجه به قطر پولی متصل به توپی (۳۱۰ میلی‌متر) و دور الکتروموتور محرک (۱۵۵۰ دور در دقیقه)، دوره‌های ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ دور در دقیقه به دست آمد. اندازه‌گیری دور با اتصال قسمت



شکل ۱. توپی نوع قدیمی و ابعاد آن



شکل ۲. توپی جدید



شکل ۳. مقایسه شکل ظاهری قسمت انتقال دهنده برنج در طرح جدید و قدیمی

ماندگاری برنج در سفیدکن (مدت زمانی که طول می‌کشد تا برنج از دریچه ورودی محفظه سفیدکن به خروجی آن برسد)، برنج در مدت زمان بیشتری تحت تأثیر این نیروها قرار می‌گیرد. با افزایش دور توپی، زمان ماندگاری برنج در سفیدکن کاهش

خطی برنج جهت انتقال آن وارد می‌کند. دوم نیرویی است که ممانعت دریچه خروجی بر سر راه خروج برنج از سفیدکن تولید می‌کند و سوم نیروهای اصطکاکی است که بین برنج و تیغه و دانه‌های برنج به وجود می‌آید (۴). با افزایش زمان

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر دور توپی و دبی خروجی بر درصد شکستگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۲	۱/۴۳	۰/۶۳۶ ^{n.s}
دور توپی	۳	۱۴/۶۱	۶/۵**
دبی خروجی	۲	۱۷/۴۳	۷/۷۵**
دور توپی × دبی خروجی	۶	۱۰/۸۹	۴/۸۴**
خطای کل	۲۲	۲/۲۵	-

ns و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

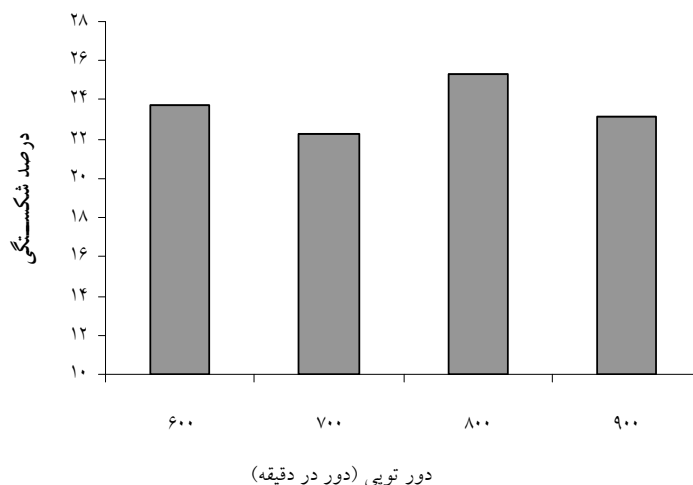
فاصله تیغه از همزن بر درصد شکستگی و درصد سفیدشدگی برنج (رقم سازندگی)، نشان دادند که با افزایش دبی ورودی برنج به سفیدکن، پرشدگی سفیدکن افزایش یافته و در نتیجه درصد شکستگی کاهش می یابد.

اثر متقابل دور توپی و دبی خروجی بر درصد شکستگی برنج در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). همان طوری که از جدول ۲ مشخص است، کمترین درصد شکستگی برنج در دور ۷۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۶۰۰ کیلوگرم در ساعت و هم چنین در دور ۹۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۴۰۰ کیلوگرم در ساعت رخ داده است. با توجه به استهلاک و ارتعاشات زیاد دستگاه در دور ۹۰۰ دور در دقیقه، کار سفیدکن در این دور مناسب نیست. عملکرد سفیدکن (از نظر درصد شکستگی) در دور ۷۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۴۰۰ کیلوگرم در ساعت و هم چنین در دور ۶۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۵۰۰ کیلوگرم در ساعت مطلوب به نظر می رسد (جدول ۲).

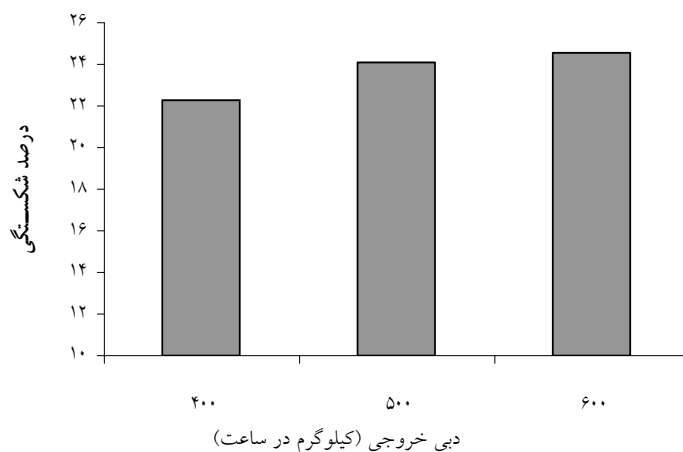
قوامی و همکاران (۸) در بررسی اثر دور توپی (در محدوده ۶۵۰ تا ۹۰۰ دور در دقیقه با فاصله ۵۰ دور در دقیقه) و سطح مقطع دریچه خروجی (در محدوده ۶۱۵ تا ۷۹۵ میلی متر مربع با فاصله ۴۵ میلی متر مربع) در سفیدکن تیغه ای رایج (مارک حسن منصور)، بر درصد شکستگی برنج رقم خزر نشان دادند که اثر دور توپی بر درصد شکستگی در سطح احتمال یک درصد معنی دار است. طبق نتایج آنها بیشترین درصد شکستگی در دور ۹۰۰ دور در دقیقه و کمترین آن در دور ۶۵۰ دور

می یابد (۱۵)، از طرفی با افزایش سرعت چرخشی توپی، نیروی اصطکاک بین تیغه و برنج افزایش می یابد. هر افزایش نیرو در سفیدکن می تواند باعث شکستگی بیشتر برنج شود. بیشترین مقدار شکستگی (۲۵/۳۷ درصد) در دور توپی ۸۰۰ دور در دقیقه رخ داد و بین سایر دورها اختلاف معنی داری مشاهده نشد (شکل ۴). در دور ۸۰۰ دور در دقیقه نسبت به دو دور ۶۰۰ و ۷۰۰ دور در دقیقه، زمان ماندگاری برنج کاهش یافته است اما افزایش نیروهای اصطکاکی باعث شده که نسبت به دو دور اخیر شکستگی افزایش یابد. در دور ۹۰۰ دور در دقیقه، نسبت کاهش بیشتر زمان ماندگاری برنج نسبت به افزایش نیروهای اصطکاکی موجب شده تا درصد شکستگی به صورت معنی داری کمتر از دور ۸۰۰ دور در دقیقه شود که با دورهای ۶۰۰ و ۷۰۰ دور در دقیقه فاقد اختلاف معنی دار است.

اثر دبی خروجی بر درصد شکستگی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). از شکل ۵ مشخص است که کمترین درصد شکستگی (۲۲/۲۹ درصد)، در دبی خروجی ۴۰۰ کیلوگرم در ساعت اتفاق افتاده و بین دبی های ۵۰۰ کیلوگرم در ساعت (۲۴/۱۵ درصد) و ۶۰۰ کیلوگرم در ساعت (۲۴/۵۵) اختلاف معنی داری مشاهده نشد که علت آن را می توان در مقدار پرشدگی محفظه سفیدکن جستجو کرد، زیرا با افزایش دبی خروجی، مقدار پرشدگی محفظه کاهش می یابد و در نتیجه، پرتاب برنج در استوانه سفیدکن افزایش یافته و درصد شکستگی برنج زیاد می شود (۳). خوش تقاضا و همکاران (۴) در بررسی اثر مقدار برنج ورودی، ترکیب تیغه و



شکل ۴. اثر دور تویی بر درصد شکستگی



شکل ۵. اثر دبی خروجی بر درصد شکستگی

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دور تویی و دبی خروجی بر درصد شکستگی

دور تویی (دور در دقیقه)				دبی خروجی (کیلوگرم در ساعت)
۹۰۰	۸۰۰	۷۰۰	۶۰۰	
۲۱/۱۲ ^a	۲۳/۲۳ ^{abc}	۲۱/۶۹ ^{ab}	۲۳/۱۳ ^{abc}	۴۰۰
۲۴/۷۸ ^{cde}	۲۵/۵۴ ^{cde}	۲۴/۴۶ ^{bcd}	۲۱/۸ ^{ab}	۵۰۰
۲۳/۵۹ ^{abc}	۲۷/۳۴ ^e	۲۰/۹۳ ^a	۲۶/۳۶ ^{de}	۶۰۰

اعداد دارای یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون دانکن).

۸۰۰ به ۹۰۰ دور در دقیقه باعث کاهش شکستگی گردید. اثرات پارامترهای دور تویی و دبی خروجی بر درصد سفید شدگی در جدول تجزیه واریانس شماره ۳ ارائه شده است. اثر دور تویی بر درصد سفید شدگی در سطح احتمال یک

در دقیقه اتفاق افتاد. درصد شکستگی در محدوده دوره‌های ۶۵۰ تا ۸۵۰ دور در دقیقه فاقد اختلاف معنی‌دار بود. بر اساس نتایج آنها افزایش دور از ۸۵۰ به ۹۰۰ دور در دقیقه باعث شکستگی بیشتر برنج شد در حالی که طبق نتایج تحقیق حاضر افزایش دور از

درصد معنی‌دار شد. عواملی که بر درصد سفیدشدگی موثر است شامل نیروهای اصطکاکی وارد بر برنج در سفیدکن و تعداد دفعات اثرگذاری این نیروها می‌باشد. به عبارت دیگر مقدار فشار وارده بر برنج در یک سفیدکن و تعداد سفیدکن‌های مورد استفاده در خط تبدیل تعیین کننده درصد سفیدشدگی برنج است. در این تحقیق تنها خروجی سفیدکن اول که توپی آن به ماریج انتقال مجهز شد مورد ارزیابی قرار گرفت لذا درصد‌های سفیدشدگی اندازه‌گیری شده مقدار نهایی نبوده و در صورت ادامه کار، در سفیدکن بعدی این سفیدشدگی افزایش خواهد یافت. با توجه به شکل ۶، بیشترین درصد سفیدشدگی (۴/۸۵)، در دور ۶۰۰ در دقیقه حادث شده که علت این امر را می‌توان در سرعت انتقال مواد در محفظه سفیدکن جستجو کرد، زیرا با کاهش دور توپی، سرعت انتقال مواد کاهش یافته و مدت زمانی که برنج در داخل محفظه سفیدکن است افزایش می‌یابد (۱۵)، در نتیجه بیشتر تحت تأثیر نیروهای داخلی سفیدکن قرار گرفته و درصد سفیدشدگی افزایش می‌یابد. با توجه به آنچه در مورد شکستگی برنج در دوره‌های مختلف بیان شد در دور ۸۰۰ در دقیقه افزایش نیروی اصطکاکی در مقابل کاهش زمان ماندگاری، باعث سفیدتر شدن برنج نسبت به دور ۷۰۰ و ۹۰۰ در دقیقه شده است. در دور ۹۰۰ در دقیقه با کاهش بیشتر زمان ماندگاری برنج در سفیدکن، دانه‌های برنج فرصت کمتری جهت سفید شدن داشته اند. در دور ۷۰۰ در دقیقه تقابل زمان ماندگاری و وجود نیروهای اصطکاکی به گونه‌ای رخ داده است که در این دور درصد سفیدشدگی از دور ۶۰۰ و ۸۰۰ در دقیقه به صورت معنی‌دار کمتر شده است. به عبارت دیگر با افزایش یا کاهش این دور می‌توان به درصد سفیدشدگی بیشتری دست یافت. اثر دبی خروجی بر درصد سفیدشدگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین درصد سفیدشدگی (۴/۳۷) در دبی خروجی ۴۰۰ کیلوگرم در ساعت اتفاق افتاد (شکل ۷) که علت این امر را می‌توان در افزایش فشار مقابل خروج دانه‌ها در اثر کاهش دبی خروجی (کاهش سطح مقطع دریچه خروجی) جستجو کرد. اثر

متقابل دور توپی و دبی خروجی بر درصد سفیدشدگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با توجه به جدول ۴، مشخص می‌شود که کمترین درصد سفیدشدگی (۱/۰۵ درصد) در دور ۷۰۰ در دقیقه با دبی ۶۰۰ کیلوگرم در ساعت و بیشترین آن (۶/۳۳ درصد)، در دور ۶۰۰ در دقیقه و دبی خروجی ۴۰۰ کیلوگرم در ساعت اتفاق افتاده است. قوامی و همکاران (۷) در تحقیقات خود با بررسی اثر دور توپی و سطح مقطع خروجی برنج بر کیفیت برنج رقم خزر گزارش کردند که بیشترین درصد سفیدشدگی در دور ۹۰۰ در دقیقه با سطح مقطع دریچه خروجی ۶۱۵ میلی‌متر مربع و کمترین آن در دور ۹۰۰ در دقیقه و سطح مقطع دریچه خروجی ۷۹۵ میلی‌متر مربع اتفاق افتاد، در نهایت نتیجه گرفتند که با افزایش سطح مقطع دریچه خروجی (افزایش دبی خروجی)، درصد سفیدشدگی کاهش می‌یابد که این نتیجه با نتیجه تحقیق حاضر همخوانی دارد.

با توجه به این‌که میزان درصد شکستگی و درصد سفیدشدگی، هر دو از پارامترهای مؤثر بر بازار پسندی و قیمت گذاری برنج است (هر چند سفیدشدن بیش از حد برنج باعث جدا شدن مواد مغذی از آن می‌شود) بنابراین باید در تعیین بهترین ترکیب دور و دبی خروجی به منظور حصول بالاترین کیفیت برنج، هر دو پارامتر در نظر گرفته شوند. بدین منظور با مراجعه به جداول ۳ و ۴ می‌توان دریافت که بالاترین کیفیت برنج (درصد شکستگی کمتر و درصد سفیدشدگی بیشتر) در دور توپی ۶۰۰ در دقیقه با دبی خروجی ۵۰۰ کیلوگرم در ساعت ایجاد می‌شود به طوری که درصد شکستگی آن، ۲۱/۸ و درصد سفیدشدگی آن، ۵/۲۷ درصد می‌باشد. پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های مذکور در مورد ارقام دانه کوتاه و بلند موجود در کشور که از این نوع سفیدکن استفاده می‌شود انجام شده و شرایط بهینه برای هر منطقه تعیین گردد.

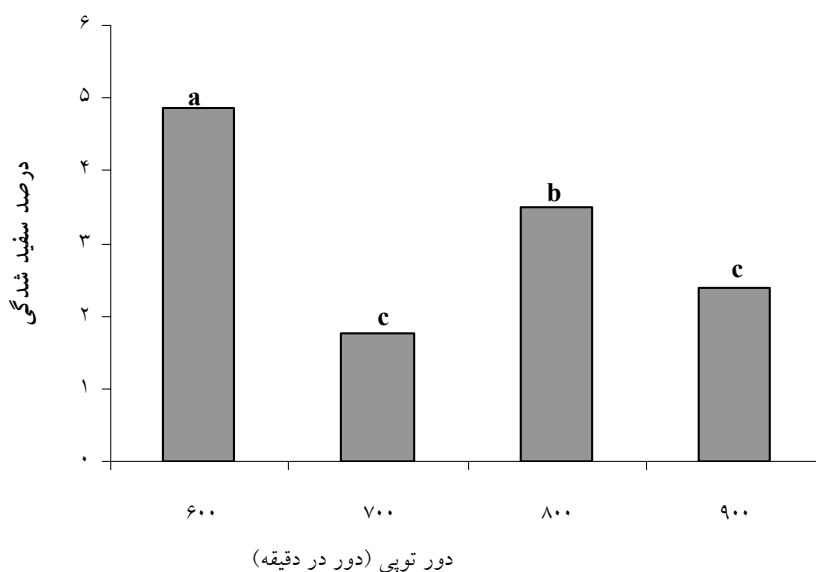
نتیجه‌گیری

۱- بیشترین درصد شکستگی (۲۷/۳۴ درصد)، در دور ۸۰۰ دور

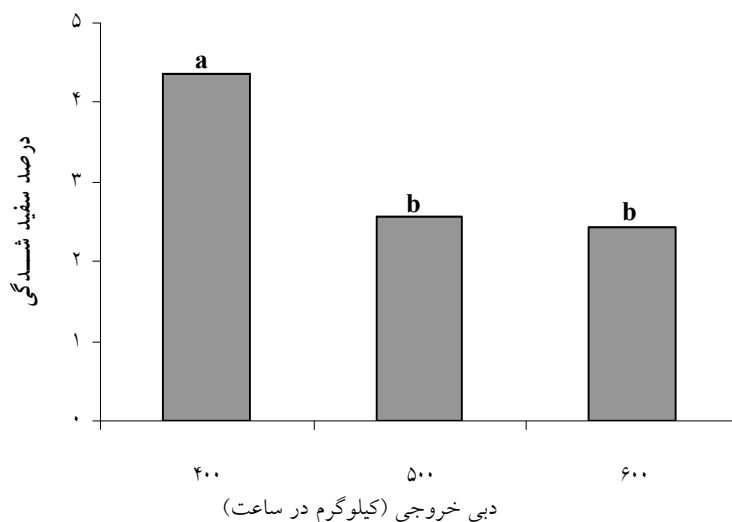
جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر دور توپی و دبی خروجی بر درصد سفید شدگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۲	۱/۷۵	۲/۲۹ ^{ns}
دور توپی	۳	۱۶/۶۳	۲۱/۷۸**
دبی خروجی	۲	۱۴/۰۹	۱۸/۴۶**
دور توپی × دبی خروجی	۶	۴/۸۲	۶/۳۲**
خطای کل	۲۲	۰/۷۶	—

ns و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۶. اثر دور توپی بر درصد سفید شدگی



شکل ۷. اثر دبی خروجی بر درصد سفید شدگی

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دور توپی و دبی خروجی بر درصد سفیدشدگی

دبی خروجی (کیلوگرم در ساعت)				
دور توپی (دور در دقیقه)				
۹۰۰	۸۰۰	۷۰۰	۶۰۰	
۳/۳۷ ^b	۵/۹ ^a	۱/۹ ^{bcde}	۶/۳۳ ^a	۴۰۰
۱/۲۶ ^{de}	۱/۴۸ ^{cde}	۲/۳۲ ^{bcde}	۵/۲۷ ^a	۵۰۰
۲/۵۳ ^{bcde}	۳/۱۶ ^{cb}	۱/۰۵ ^e	۲/۹۵ ^{bcd}	۶۰۰

اعداد دارای یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون دانکن).

- در دقیقه با دبی خروجی ۶۰۰ کیلوگرم در ساعت و کمترین آن (۲۰/۹۲ درصد)، در دور ۷۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۶۰۰ کیلوگرم در ساعت ایجاد شد.
- ۲- بیشترین درصد سفیدشدگی (۶/۳۳ درصد)، در دور ۶۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۴۰۰ کیلوگرم در ساعت و کمترین آن (۱/۰۵ درصد)، در دور ۷۰۰ دور در دقیقه با دبی خروجی ۶۰۰ کیلوگرم در ساعت رخ داد.
- ۳- از نظر بالاترین کیفیت برنج (درصد شکستگی کمتر و درصد سفیدشدگی بیشتر)، دور ۶۰۰ دور در دقیقه و دبی خروجی ۵۰۰ کیلوگرم در ساعت با ایجاد ۲۱/۸ درصد شکستگی و ۵/۲۷ درصد سفیدشدگی، مناسب‌ترین ترکیب دور و دبی خروجی برای رقم سرخه (رقم دانه متوسط) تشخیص داده شد.

منابع مورد استفاده

- بی نام. ۱۳۸۵. گزارش راهبردهای تولید برنج در استان اصفهان. سازمان جهاد کشاورزی، استان اصفهان.
- حیدری سلطان آبادی، م. ۱۳۸۴. بهینه‌سازی سیستم سفیدکن تیغه‌ای برنج با استفاده از ماریپچ انتقال. گزارش‌نهایی طرح تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. اصفهان.
- حیدری سلطان آبادی، م. و ع. همت. ۱۳۸۶. اثر فاصله از همزن و دبی خروجی بر کیفیت برنج در سفیدکن تیغه‌ای رایج بهینه شده. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان ۱۱(۱):۱۳۵.
- خوش تقاضا، م. ه.، م. حیدری سلطان آبادی و ت. توکلی. ۱۳۸۰. بررسی اثر کیفی اثر تیغه و مقدار ورودی برنج در سفیدکن اصطکاکی. مجله دانشگاه شهید چمران اهواز ۲۴(۲):۱۲۹.
- زمانی، ق. و م. علیزاده. ۱۳۸۴. خصوصیات، شناسایی و تبدیل ارقام مختلف برنج ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران.
- عابدی، ح. ۱۳۷۶. تعیین رطوبت بهینه تبدیل و زمان برداشت به منظور کاهش شکستگی برنج. گزارش‌نهایی طرح تحقیقاتی برنج. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان.
- قوامی، ش. ۱۳۸۱. بررسی اثر دور توپی و درصد سفیدشدگی بر روی میزان برنج خرد شده رقم خزر در دستگاه سفیدکن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- قوامی، ش.، ع. برقی و ا. طباطبایی فر. ۱۳۸۴. بررسی اثر دور توپی و سطح مقطع خروجی در ماشین سفیدکن تیغه‌ای، بر روی میزان شکستگی برنج. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی ۶(۲۲):۱۲۵.
- هدایتی پور، ا.، م. بهرامی و م. صفری. ۱۳۸۴. تأثیر رطوبت زمان تبدیل شلتوک بر درصد برنج خرد در دو نوع سفیدکن سایشی و اصطکاکی. مجموعه مقالات دومین همایش ملی ضایعات محصولات کشاورزی، صفحه ۴۶۴-۴۷۰.

10. Afzalinia, S., M. Shaker and E. Zare. 2004. Comparison of different rice milling methods. *Can. Biosys. Eng.* 46(3): 63-66.
11. Anonymous, Test code and Procedure for rice Mills. 1990. RNAM Test Codes and Procedures for Farm Machinery. Pasay City, Metro Manila, Philippines.
12. Courtois, F., M. Abud and C. Bonazzi. 2001. Modeling and control of a mixed- flow rice dryer with emphasis on breakage quality. *J. Food Eng.* 49: 303-309
13. Mohapatra, D., S. Bal. 2004. Wear of rice in an abrasive milling operation -part2: prediction of bulk temperature rise. *Biosys Eng.* 89(1): 101-108.
14. 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.
15. Woodcock, C.R. and J.S. Mason. 1989. Screw conveying. PP. 335-357. *In: Bulk Solids Handling an Introduction to the Practice and Technology.* Chapman and Hall, New York, USA.
16. Yan, T.Y., J. H. Hong and J. H. Chung. 2005. An improved method for the prediction of white embryo in vertical mill. *Biosys. Eng.* 49: 303- 309
17. Yechury, S. S. 1983. Rice Milling. Govt.of India, New Delhi.