

## بررسی تأثیر رقم و نوع محصول (اصلی و رتون) بر برخی خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و تبدیل شلتوک به برنج سفید

محمدرضا علیزاده\*

\* نگارنده مسئول: دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. ص. پ. ۱۶۵۸، تلفن: ۰۵۲۳۳۶۹۰۰۵۲ (۰۱۳)، پیام‌نگار: alizadeh\_mohammadreza@yahoo.com  
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۳۱

### چکیده

در این تحقیق برخی از خواص فیزیکی، مکانیکی و تبدیل برنج سه رقم محلی متداول به نام‌های هاشمی، علی کاظمی و طارم در دو نوع محصول اصلی و رتون بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل (۳×۲) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در پنج تکرار صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که تنها ضخامت و درجه کرویت دانه برنج محصول اصلی (به ترتیب ۱/۶۸ میلی‌متر و ۰/۳۸۸) به طور معنی‌دار ( $P < 0/01$ ) کمتر از مقادیر معادل آنها (به ترتیب ۱/۷۱ میلی‌متر و ۰/۳۹۸) در برنج رتون است. بیشترین طول دانه برنج قهوه‌ای (۷/۵۸ میلی‌متر) در رقم هاشمی و بیشترین عرض (۲/۰۳ میلی‌متر)، ضخامت (۱/۸۰ میلی‌متر)، قطر میانگین هندسی (۳/۰۰ میلی‌متر)، درجه کرویت (۰/۴۰۸)، سطح دانه (۲۵/۴۰ میلی متر مربع)، جرم مخصوص توده و جرم مخصوص واقعی (به ترتیب ۵۶۱/۵۴ و ۱۲۹۲/۲۴ کیلوگرم بر متر مکعب) و وزن هزار دانه (۲۶/۹۶ گرم) در رقم علی کاظمی به دست آمده است. بیشترین نیروی گسیختگی در بارگذاری خمشی و عملکرد برنج سالم مربوط به برنج رتون رقم هاشمی (به ترتیب ۲۴/۶۸ نیوتن و ۸۱/۳۶ درصد) و کمترین مقدار معادل آنها در برنج محصول اصلی رقم علی کاظمی (به ترتیب ۱۹/۶۴ نیوتن و ۷۳/۴۱ درصد) تعیین شد ( $P < 0/01$ ). بین نیروی گسیختگی در بارگذاری فشاری ارقام مختلف برنج در دو نوع محصول اصلی و رتون اختلاف معنی‌دار نیست.

### واژه‌های کلیدی

برنج رتون، تبدیل برنج، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی

### مقدمه

راتونینگ<sup>۱</sup> به حالتی اطلاق می‌شود که در آن ساقه‌های برنج باقیمانده از محصول قبلی دوباره جوانه می‌زنند و به مرحله خوشه دهی و تولید محصول می‌رسند. از ویژگی‌های این حالت می‌توان به حذف هزینه‌های کارگری مربوط به پرورش نشاء، نشاکاری و آماده سازی زمین اشاره کرد. از این رو معرفی ارقامی که قابلیت رتون‌دهی بالایی دارند، یکی از اهداف مهم در برنامه اصلاحی برنج است و این شیوه در مناطقی که شرایط آب و هوایی مناسب برای کشت برنج دارند، شیوه‌ای اقتصادی

برنج بعد از گندم مهم‌ترین محصول کشاورزی دنیا است. تولید جهانی شلتوک سالانه حدود ۷۲۰ میلیون تن برآورد شده است که از این مقدار بیش از ۹۰ درصد آن در آسیا تولید و مصرف می‌شود (Anon, 2014). بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ سطح زیر کشت برنج در ایران ۵۶۵ هزار هکتار اعلام شده که از این مقدار سالانه حدود ۲/۴۵ میلیون تن شلتوک تولید می‌شود (Anon. 2013).

خواهد بود (Jelodar, 2005). در کشور ایران نیز کشت رتون به عنوان محصول دوم بعد از برداشت محصول اصلی به دلیل مزایایی همچون کوتاهی دوره رشد، کاهش هزینه تولید و بر خورداری از کیفیت مطلوب پخت (عطر و طعم مناسب) با استقبال خوبی از طرف کشاورزان مواجه شده است (Yazdpour *et al.*, 2012). با توسعه سطح برداشت رتون در اراضی شالیزاری، مقایسه و ارزیابی خواص فیزیکی، مکانیکی و تبدیل این نوع برنج با محصول اصلی همواره مطرح شده است.

شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی (خواص مهندسی) شلتوک و برنج مانند سایر محصولات کشاورزی از عوامل مؤثر و تعیین کننده در طراحی، بهینه سازی و تنظیم ماشین های بوجاری، درجه بندی و انتقال و نیز مخازن نگهداری محصول و دستگاه های تبدیل شلتوک به برنج سفید است. ویژگی هایی مانند ابعاد، اندازه و شکل دانه از پارامترهای تعیین کننده در طراحی ماشین های بوجاری، درجه بندی و جداسازها محسوب می شوند (Sahay & Singh, 1994; Omobuwajo *et al.*, 2000).

به طور کلی، دانه های با درجه کرویت بیشتر، تمایل به غلتیدن بر سطح الک ها، غربال ها و سایر ماشین های فرایند محصول دارند، در صورتی که دانه های با درجه کرویت کمتر تمایل به لغزش بر سطوح صاف دارند و این ویژگی عامل مهمی در طراحی بهینه ماشین های بوجاری و غربال ها محسوب می شود (Omobuwajo *et al.*, 2000).

تفاوت در ابعاد اصلی دانه می تواند بر سایر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی دانه نیز تأثیرگذار باشد (Aviara *et al.*, 2005). در طراحی بهینه مخازن نگهداری شلتوک و چگونگی جریان ثقلی مواد از این مخازن و همچنین در فرآیند خشک کردن و انتقال مواد توسط نقاله ها، تعیین خواصی مانند جرم مخصوص توده، جرم مخصوص واقعی و درصد تخلخل اهمیت زیادی دارد (Singh & Moysey, 1985; Chang, 1988; Kocabiyyik *et al.*, 2004; Correa *et al.*, 2007).

فرایند تبدیل شلتوک به برنج، دانه در معرض انواع تنش های مکانیکی قرار می گیرد، بنابراین، شناخت رفتار مکانیکی مواد تحت بارگذاری می تواند در بهینه سازی ماشین های پس از برداشت به ویژه برای تحلیل عملکرد تجهیزات تبدیل مانند پوست کن ها و سفیدکن ها مورد استفاده قرار گیرد (Pomeranz & Webb, 1985; Wouters & Baerdermaeker, 1988; Shitanda *et al.*, 2002; Mohapatra & Bal, 2007).

خواص فیزیکی شلتوک ارقام برنج سرخه و سازندگی در رطوبت ۱۰ درصد (بر پایه تر) اندازه گیری شدند. در این تحقیق مشخص شد که رقم سازندگی دارای بیشترین طول، عرض، قطر معادل، درجه کرویت، سطح رویی، نسبت وجه و حجم دانه است. چگالی ظاهری (جرم مخصوص ظاهری) در رقم سرخه بیش از چگالی ظاهری رقم سازندگی است. از نظر وزن هزار دانه، چگالی ظاهری، تخلخل و زاویه استقرار نیز اختلاف معنی داری بین این دو رقم وجود ندارد (Ghasemi Varnamkhsti *et al.*, 2007).

علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2006) با آزمایش تأثیر ریشک زدایی بر خواص فیزیکی شلتوک ارقام هاشمی و بینام (در پنج سطح رطوبت از ۶/۹۲ تا ۲۳/۱۶ درصد) نشان دادند که در تمامی پنج سطح رطوبتی شلتوک، زاویه استقرار، ضریب اصطکاک استاتیکی، جرم مخصوص توده و وزن هزار دانه در شلتوک ریشک دار بیشتر بوده است تا در شلتوک ریشک زده، آنها همچنین گزارش دادند که ریشک زدایی شلتوک سبب کاهش درصد تخلخل شلتوک می شود و نسبت و شاخص پوست کنی را افزایش می دهد (Minaei *et al.*, 2007).

اوجای و کلارک (Ojayi & Clark, 1997) گزارش کردند که میزان آسیب های وارد بر دانه در تبدیل به خواص فیزیکی و مکانیکی آنها بستگی داشته و تعیین این خواص در تحلیل کیفیت یا ترک خوردگی دانه حین تبدیل

خواهد بود (Jelodar, 2005). در کشور ایران نیز کشت رتون به عنوان محصول دوم بعد از برداشت محصول اصلی به دلیل مزایایی همچون کوتاهی دوره رشد، کاهش هزینه تولید و بر خورداری از کیفیت مطلوب پخت (عطر و طعم مناسب) با استقبال خوبی از طرف کشاورزان مواجه شده است (Yazdpour *et al.*, 2012). با توسعه سطح برداشت رتون در اراضی شالیزاری، مقایسه و ارزیابی خواص فیزیکی، مکانیکی و تبدیل این نوع برنج با محصول اصلی همواره مطرح شده است.

شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی (خواص مهندسی) شلتوک و برنج مانند سایر محصولات کشاورزی از عوامل مؤثر و تعیین کننده در طراحی، بهینه سازی و تنظیم ماشین های بوجاری، درجه بندی و انتقال و نیز مخازن نگهداری محصول و دستگاه های تبدیل شلتوک به برنج سفید است. ویژگی هایی مانند ابعاد، اندازه و شکل دانه از پارامترهای تعیین کننده در طراحی ماشین های بوجاری، درجه بندی و جداسازها محسوب می شوند (Sahay & Singh, 1994; Omobuwajo *et al.*, 2000).

به طور کلی، دانه های با درجه کرویت بیشتر، تمایل به غلتیدن بر سطح الک ها، غربال ها و سایر ماشین های فرایند محصول دارند، در صورتی که دانه های با درجه کرویت کمتر تمایل به لغزش بر سطوح صاف دارند و این ویژگی عامل مهمی در طراحی بهینه ماشین های بوجاری و غربال ها محسوب می شود (Omobuwajo *et al.*, 2000).

تفاوت در ابعاد اصلی دانه می تواند بر سایر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی دانه نیز تأثیرگذار باشد (Aviara *et al.*, 2005). در طراحی بهینه مخازن نگهداری شلتوک و چگونگی جریان ثقلی مواد از این مخازن و همچنین در فرآیند خشک کردن و انتقال مواد توسط نقاله ها، تعیین خواصی مانند جرم مخصوص توده، جرم مخصوص واقعی و درصد تخلخل اهمیت زیادی دارد (Singh & Moysey, 1985; Chang, 1988; Kocabiyyik *et al.*, 2004; Correa *et al.*, 2007).

خواص فیزیکی، مکانیکی و تبدیل شلتوک به برنج سفید اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق برخی از خواص فیزیکی، خواص مکانیکی (نیروی گسیختگی) و تبدیل برنج محصول اصلی و رتون مقایسه شده‌اند. شلتوک سه رقم محلی و متداول در استان‌های گیلان و مازندران به نام‌های هاشمی، علی کاظمی و طارم که پتانسیل رتون‌دهی مناسبی دارند، از مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) تهیه شد. قبل از شروع آزمایش، تمام ناخالصی‌ها و دانه‌های پوک و شکسته از دانه‌های سالم موجود در نمونه با استفاده از بوجار آزمایشگاهی (KM Model B2, Japan) و به طور دستی جدا شدند. با توجه به اینکه عملیات تبدیل شلتوک برای ارقام محلی در رطوبت حدود ۹ درصد (بر پایه‌تر) صورت می‌گیرد (Firouzi & Alizadeh, 2013)، از این رو کلیه اندازه‌گیری‌های مربوط به خواص فیزیکی، نیروی گسیختگی و تبدیل برنج در این سطح از رطوبت شلتوک انجام شد. رطوبت اولیه شلتوک با استفاده از یک رطوبت‌سنج دانه از قبل کالیبره شده (GMK Model 303RS, Korea) برای سه رقم هاشمی، علی کاظمی و طارم به ترتیب ۱۳/۷، ۱۴/۳ و ۱۴/۱ درصد (بر پایه‌تر) اندازه‌گیری شد. برای کاهش مقدار رطوبت تا سطح ۹ درصد، نمونه‌ها را در آون الکتریکی با دمای حدود ۴۰ درجه سلسیوس قرار داده (Yang *et al.*, 2003) و پس از خنک شدن در دمای اتاق، در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار ریخته شد. در این تحقیق برخی خواص فیزیکی (ابعاد اصلی دانه، قطر میانگین هندسی، کرویت، سطح، ضریب لاغری، جرم مخصوص توده، جرم مخصوص توده واقعی، درصد تخلخل و وزن هزار دانه) و خواص مکانیکی (نیروی گسیختگی

از اهمیت زیادی برخوردار است. علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2011) اثر رطوبت نهایی شلتوک را بر مقدار نیروی شکست، راندمان تبدیل و عملکرد برنج سالم بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش رطوبت از ۶ به ۱۲ درصد (بر پایه‌تر)، نیروی شکست (نیروی گسیختگی) دانه برای سه رقم هاشمی، خزر و کادوس کاهش می‌یابد. در بررسی‌های کوریا و همکاران (Correa *et al.*, 2007) مقدار نیروی گسیختگی سه رقم برنج قهوه‌ای در حالت فشاری به طور میانگین ۷۶/۷۳ نیوتن تعیین شد. آنها همچنین اعلام کردند که مقدار نیروی گسیختگی شلتوک به طور معنی‌داری بیش از مقدار نیروی گسیختگی برنج قهوه‌ای و برنج سفید است. موهاپاترا و بال (Mohapatra & Bal, 2007) نیروی گسیختگی دانه در بارگذاری فشاری را برای سه رقم پوسا باسماتی، وارنا و ADT 37 به ترتیب ۷۲/۴۰، ۴۵/۶۰ و ۸۱/۸۰ نیوتن گزارش و اعلام کردند که مقدار این نیرو به نوع رقم و شرایط رطوبتی آنها بستگی دارد. نتایج بررسی لو و سبین مورگن (Lu & Siebenmorgen, 1995) نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد برنج سالم و مقاومت به گسیختگی برنج تحت بارگذاری خمشی وجود دارد.

محققان زیادی خواص فیزیکی، مکانیکی و سایر پارامترهای مرتبط با تبدیل برنج را در ارقام مختلف بررسی کردند (Kibar *et al.*, 2010; Bagheri *et al.*, 2012; Jouki & Khazaei, 2012)، اما در مورد خواص فیزیکی، مکانیکی و تبدیل برنج رتون و مقایسه آن با برنج کشت اصلی تحقیقات چندانی نشده است. علاوه بر عوامل به زراعی برای افزایش عملکرد در واحد سطح، تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصول نیز با هدف بهبود عملیات پس از برداشت و بهینه‌سازی فرایند تبدیل در ارقام مختلف، ضروری است. از این رو این تحقیق با هدف بررسی اثر رقم و نوع محصول (رتون و اصلی) بر برخی

$$S_r = \frac{L}{W} \quad (۴)$$

که در آن،

$S_r$  = ضریب لاغری دانه (بدون واحد) است.

برای تعیین جرم مخصوص توده از یک ظرف استوانه‌ای فلزی با گنجایش ۵۰۰ سانتی‌متر مکعب استفاده شد. دانه‌ها به طور یکنواخت از ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری از سطح استوانه به داخل آن ریخته شد تا از این طریق ضمن ایجاد اثر ضربه‌ای باعث ته‌نشین شدن دانه در ظرف نمونه‌گیری شود. پس از پر شدن ظرف، با یک چوب صاف، دانه‌های اضافی از سطح ظرف بدون فشردگی برداشته شد. ظرف حاوی دانه با یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد و جرم مخصوص توده از رابطه ۵ به دست آمد (Sacilik *et al.*, 2003; Jouki & Khazaei, 2012).

$$\rho_b = \frac{m}{V} \quad (۵)$$

که در آن،

$\rho_b$  = جرم مخصوص توده نمونه شلتوک (کیلوگرم بر متر مکعب)؛  $m$  = جرم نمونه (کیلوگرم)؛ و  $V$  = حجم نمونه (متر مکعب) است. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص واقعی از روش جا به جایی تولوئن در یک پیکنومتر استفاده شد، به این ترتیب که در هر بار آزمایش ۱۰ گرم شلتوک توزین و داخل پیکنومتر حاوی تولوئن ریخته و مقدار حجم جا به جا شده تولوئن در پیکنومتر ثبت شد. پس از آن، جرم مخصوص واقعی از رابطه ۶ به دست آمد (Kibar *et al.*, 2010).

$$\rho_a = \frac{m_s + m_w}{V_s + V_w} \quad (۶)$$

دانه در بارگذاری فشاری و خمشی) و پارامترهای تبدیل (راندمان تبدیل و عملکرد برنج سالم) به روش‌های زیر اندازه‌گیری شدند.

برای تعیین ابعاد اصلی دانه‌ها، از هر رقم و دو نوع محصول برنج اصلی و رتون، تعداد ۵۰ دانه شلتوک (در مجموع ۵۰۰ دانه شلتوک برای هر رقم) از بین دانه‌های سالم به طور تصادفی انتخاب و پوسته اولیه آنها با دقت با دست جدا شد. پس از آن، ابعاد اصلی دانه‌ها یعنی طول، عرض و ضخامت برنج قهوه‌ای با استفاده از یک کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر (Mitutoya caliper, Japan) اندازه‌گیری شد (Cao *et al.*, 2004). قطر میانگین هندسی و درجه کرویت از روابط ۱ و ۲ به دست آمد (Mohsenin, 1986):

$$D_g = (LWT)^{\frac{1}{3}} \quad (۱)$$

$$\phi = \frac{(LWT)^{\frac{1}{3}}}{L} = \frac{D_g}{L} \quad (۲)$$

که در آن،

$D_g$  = قطر میانگین هندسی (میلی‌متر)؛  $\phi$  = درجه کرویت؛  $L$ ،  $W$  و  $T$  به ترتیب طول، عرض و ضخامت دانه‌ها (میلی‌متر) است. برای تعیین سطح دانه‌ها از رابطه ۳ استفاده شد (Jain & Bal, 1997):

$$B = (WT)^{0.5} \quad S = \frac{\pi BL^2}{2L - B} \quad (۳)$$

که در آن،

$S$  = سطح دانه‌ها (میلی‌متر مربع) است. ضریب لاغری نیز از رابطه ۴ به دست آمد (Bagheri *et al.*, 2011):

که در آن،  
 $\rho$  = جرم مخصوص واقعی دانه (کیلوگرم بر متر مکعب)؛  
 $m_s$  و  $m_w$  به ترتیب جرم دانه و تولوئن (کیلوگرم)؛  
 $V_s$  و  $V_w$  به ترتیب حجم دانه و تولوئن (متر مکعب) است.  
برای تعیین درصد تخلخل ( $\varepsilon$ ) نمونه‌های آزمایشی از رابطه ۷ استفاده شد (Singh & Goswami, 1996):

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_a}\right) \times 100 \quad (7)$$

دانه از هر رقم) آزمایش شد.

که در آن،  
 $\varepsilon$  = تخلخل نمونه شلتوک (درصد)؛ و  $\rho_a$  و  $\rho_b$  به ترتیب جرم مخصوص توده و جرم مخصوص واقعی نمونه (کیلوگرم بر مترمکعب) است.  
در این تحقیق برای اندازه‌گیری نیروی گسیختگی دانه (برنج قهوه‌ای) در دو حالت بارگذاری فشاری و خمشی و برای سه رقم مورد آزمایش در دو نوع برنج محصول اصلی و رتون از دستگاه سختی‌سنج (سازمان پژوهش‌های علمی، شماره ثبت اختراع ۹۱۰۱۸۷)، مجهز به نیروسنج مدل Lutron FG-5020, Taiwan و با دقت ۰/۰۱ نیوتن استفاده شد (شکل ۱). برای تعیین نیروی گسیختگی دانه، از هر رقم مورد آزمایش ۲۰ دانه شلتوک سالم (در مجموع ۱۲۰ دانه) به طور تصادفی انتخاب شد. پس از جداسازی پوسته اولیه شلتوک با دست، دانه برنج قهوه‌ای روی سطح صاف سکوی بارگذاری سختی‌سنج قرار داده شد. با روشن کردن دستگاه و حرکت رو به پایین پروب بارگذاری (با قطر ۸ میلی‌متر و سرعت بارگذاری ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه) و فشار وارده بر سطح دانه، حداکثر نیرویی ثبت شد که در لحظه گسیختگی در صفحه نمایشگر دستگاه نمایش داده شده بود (Bagheri et al., 2011).  
به منظور تعیین نیروی گسیختگی دانه در حالت بارگذاری خمشی از روش سه نقطه‌ای استفاده شد.

(Lu & Siebenmorgen, 1995). برای این منظور پایه‌ای به عنوان تکیه‌گاه و محل قرارگیری دانه ساخته شد. در هر بار آزمایش، یک دانه برنج قهوه‌ای روی پایه مربوطه قرار داده شد و با حرکت رو به پایین پروب بارگذاری (به قطر ۸ میلی‌متر و با سرعت ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه)، حداکثر نیرو در لحظه گسیختگی دانه تحت بارگذاری خمشی در صفحه نمایشگر دستگاه ثبت شد. از هر رقم و محصول مورد نظر ۲۰ دانه برنج قهوه‌ای (در مجموع ۱۲۰ دانه از هر رقم) آزمایش شد.

برای تعیین پارامترهای مرتبط با تبدیل، از هر رقم و برای دو نوع محصول اصلی و رتون، پنج نمونه ۱۵۰ گرمی شلتوک خشک شده تهیه شد. نمونه‌های شلتوک با استفاده از پوست‌کن آزمایشگاهی نوع غلتک‌لاستیکی (Satake Eng. Co. Ltd., Japan) پوست‌گیری شدند. برنج قهوه‌ای حاصل از خروجی پوست‌کن با استفاده از سفیدکن آزمایشگاهی نوع مالشی (اصطکاکی) (McGill Miller, USA) سفید شد. برنج سفید خروجی از دستگاه سفیدکن که مخلوطی از برنج سفید سالم و شکسته بود، در داخل الک دوار (ایندنت) آزمایشگاهی (Satake TRG 058, Japan) ریخته و تمامی دانه‌های شکسته از سالم جدا و توزین شد. راندمان تبدیل از نسبت وزن کل برنج سفید (سالم + شکسته) به وزن شلتوک و عملکرد برنج سالم از نسبت وزن برنج سفید سالم (با طول برابر یا بزرگتر از سه چهارم طول برنج کامل) به وزن کل برنج سفید به دست آمد (Farouk & Islam, 1995). آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل دو عاملی (رقم در سه سطح هاشمی، علی کاظمی و طارم و نوع محصول در دو سطح اصلی و رتون) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در پنج تکرار اجرا شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS صورت گرفت.



شکل ۱- دستگاه سختی سنج مورد استفاده در آزمایش برای اندازه گیری نیروی گسیختگی دانه (۱- سکوی بارگذاری، ۲- نیروسنج دیجیتال، ۳- موتور محرک و واحد انتقال توان، ۴- پروب بارگذاری و ۵- محل استقرار دانه)

## نتایج و بحث

### خواص فیزیکی

۲/۰۳، ۱/۸۰ و ۳ میلی‌متر و ۲۵/۴۰ میلی‌متر مربع و ۰/۴۰۸) در رقم علی کاظمی و کمترین طول، عرض، ضخامت دانه، قطر میانگین هندسی و سطح دانه (به ترتیب با مقادیر میانگین ۷/۲۱، ۱/۸۷، ۱/۶۲ و ۲/۷۹ میلی‌متر و ۲۲/۰۱ میلی‌متر مربع) مربوط به رقم طارم است. طول دانه و ضریب لاغری در محصول اصلی (به ترتیب با میانگین ۷/۴۴ میلی‌متر و ۳/۸۶) بیشتر از مقادیر معادل آنها در محصول رتون (به ترتیب ۷/۲۹ میلی‌متر و ۳/۷۴) دیده می‌شود ولی ضخامت (۱/۷۱ میلی‌متر) و درجه کرویت (۰/۳۹۸) محصول رتون به طور معنی‌داری بیشتر از ضخامت (۱/۶۸ میلی‌متر) و درجه کرویت (۰/۳۸۸) در محصول اصلی است. بین دو نوع محصول اصلی و رتون در مقدار عرض، قطر میانگین هندسی و سطح دانه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. رقم علی کاظمی در مقایسه با دو رقم دیگر دارای درجه کرویت بیشتری است که خود منجر به کاهش ضریب لاغری دانه در این رقم می‌شود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر رقم و نوع محصول بر خصوصیات فیزیکی مورد اندازه‌گیری در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اثر رقم بر کلیه خواص فیزیکی (به استثنای درصد تخلخل) معنی‌دار است ( $P < 0/01$ ). همچنین، نوع محصول اثر معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) بر طول، ضخامت، درجه کرویت و ضریب لاغری ( $P < 0/05$ ) دارد. اثر متقابل رقم در نوع محصول تنها بر جرم مخصوص واقعی ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد (جدول ۲) که از بین سه رقم مورد آزمایش، بیشترین طول دانه برنج قهوه‌ای (۷/۵۸ میلی‌متر) و ضریب لاغری (۳/۹۱) در رقم هاشمی، بیشترین عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی، سطح دانه و درجه کرویت (به ترتیب با میانگین

جدول ۱ - تجزیه واریانس اثر رقم و نوع محصول بر خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و عملکرد تبدیل برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ابعاد اصلی دانه			قطر میانگین هندسی (میلی متر)	درجه کرویت (درصد)	سطح (میلی متر)
		طول (میلی متر)	عرض (میلی متر)	ضخامت (میلی متر)			
تکرار	۴	۰/۰۰۱۴۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۱۷۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۳۴۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۴۸۲۶۲*	
رقم	۲	۰/۴۰۱۷**	۰/۰۸۵۵**	۰/۱۰۴۰۷**	۰/۰۰۱۶۱**	۳۱/۴۸۴۳**	
نوع محصول	۱	۰/۱۶۸۷**	۰/۰۰۰۷۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۷۳۶**	۰/۰۰۰۱۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۶۴۴۰ <sup>NS</sup>	
رقم در نوع محصول	۲	۰/۰۰۴۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۱۷۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۲۰ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۱۴۱۵۶ <sup>NS</sup>	
خطا	۲۰	۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۰۱۱۲	۰/۰۰۰۹۰	۰/۰۰۰۰۶۱	۰/۱۳۹۳۴	

\*\* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، \* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و NS: نبود اختلاف معنی دار

ادامه جدول ۱ - تجزیه واریانس اثر رقم و نوع محصول بر خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و عملکرد تبدیل برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	جرم مخصوص ظاهری (کیلوگرم بر متر مکعب)	جرم مخصوص واقعی (کیلوگرم بر متر مکعب)	تخلخل (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	نیروی گسیختگی		راندمان تبدیل (درصد)
						نیروی گسیختگی فشاری (نیوتن)	نیروی گسیختگی خمشی (نیوتن)	
تکرار	۴	۲۲۸/۰۰۸ <sup>NS</sup>	۴۳۱/۸۱*	۰/۶۹۴۳ <sup>NS</sup>	۰/۱۰۵۳۵ <sup>NS</sup>	۲/۴۰۳۹ <sup>NS</sup>	۱/۷۸۶۴ <sup>NS</sup>	۶/۶۵۰۴ <sup>NS</sup>
رقم	۲	۳۴۳۷/۹۱**	۵۴۳۴/۳۸**	۴/۵۷۱۲ <sup>NS</sup>	۲۶/۳۸۷**	۳/۴۹۲۲ <sup>NS</sup>	۷/۱۷۸۹**	۳۵/۶۷۳۵**
نوع محصول	۱	۷۶۲/۰۴۸ <sup>NS</sup>	۲۵۵/۱۵۰ <sup>NS</sup>	۲/۷۰۰ <sup>NS</sup>	۰/۱۰۳۲۵ <sup>NS</sup>	۱/۸۶۵۰ <sup>NS</sup>	۹۶/۸۰۴۴**	۱۳۶/۰۶۴**
رقم در نوع محصول	۲	۷۰۶/۲۳ <sup>NS</sup>	۱۶۶۲/۰۹**	۱/۳۵۶۰ <sup>NS</sup>	۰/۱۱۹۱ <sup>NS</sup>	۷/۶۵۵۴ <sup>NS</sup>	۱/۱۱۶۸ <sup>NS</sup>	۲/۷۶۶۷ <sup>NS</sup>
خطا	۲۰	۲۵۸/۳۳۹	۱۴۶/۶۹۲	۱/۷۴۹۳	۰/۹۲۹۰۲	۵/۵۳۵۰	۰/۸۷۶۹	۲/۸۸۴۶

\*\* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، \* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و NS: نبود اختلاف معنی دار

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثر رقم و نوع محصول بر خواص فیزیکی، مکانیکی و عملکرد تبدیل برنج

عامل	تیمار	ابعاد اصلی دانه <sup>+</sup>			قطر میانگین هندسی <sup>+</sup> (میلی متر)	درجه کرویت <sup>+</sup> (درصد)	سطح دانه <sup>+</sup> (میلی مترمربع)	ضریب لاغری <sup>+</sup>
		طول (میلی متر)	عرض (میلی متر)	ضخامت (میلی متر)				
اثر رقم	هاشمی	۷/۵۸ a	۱/۹۴ b	۱/۷۱ b	۲/۹۲ b	۰/۳۸۵ b	۲۴/۵۶ b	۳/۹۱ a
	علی کاظمی	۷/۳۵ b	۲/۰۳ a	۱/۸۰ a	۳/۰۰ a	۰/۴۰۸ a	۲۵/۴۰ a	۳/۶۲ b
	طارم	۷/۲۱ c	۱/۸۷ c	۱/۶۲ c	۲/۷۹ c	۰/۳۸۷ b	۲۲/۰۱ c	۳/۸۶ b
اثر نوع محصول	محصول اصلی	۷/۴۴ a	۱/۹۳ a	۱/۶۸ b	۲/۸۹ a	۰/۳۸۸ b	۲۴/۰۳ a	۳/۸۶ a
	رتون	۷/۲۹ b	۱/۹۵ a	۱/۷۱ a	۲/۹۰ a	۰/۳۹۸ a	۲۳/۹۴ a	۳/۷۴ b
اثر رقم در نوع محصول	هاشمی - محصول اصلی	۷/۶۴ a	۱/۹۳ b	۱/۶۹ c	۲/۹۱ b	۰/۳۸۲ d	۲۴/۵۷ b	۳/۹۶ a
	هاشمی - رتون	۷/۵۲ b	۱/۹۵ b	۱/۷۱ c	۲/۹۳ b	۰/۳۹۰ c	۲۴/۵۵ b	۳/۸۵ b
	علی کاظمی - محصول اصلی	۷/۴۳ c	۲/۰۲ a	۱/۷۸ b	۳/۰۰ a	۰/۴۰۳ b	۲۵/۳۶ a	۳/۶۸ bc
	علی کاظمی - رتون	۷/۲۸ d	۲/۰۵ a	۱/۸۲ a	۳/۰۱ a	۰/۴۱۳ a	۲۵/۴۵ a	۳/۵۵ c
	طارم - محصول اصلی	۷/۲۷ d	۱/۸۶ c	۱/۵۸ d	۲/۷۸ c	۰/۳۸۲ d	۲۲/۱۸ c	۳/۹۱ b
	طارم - رتون	۷/۰۹ e	۱/۸۴ c	۱/۶۱ d	۲/۷۶ c	۰/۳۹۰ c	۲۱/۸۲ c	۳/۸۵ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.  
<sup>+</sup> اندازه‌گیری‌ها مربوط به برنج قهوه‌ای می‌باشد.



ادامه جدول ۲- مقایسه میانگین اثر رقم و نوع محصول بر خواص فیزیکی، مکانیکی و عملکرد تبدیل برنج

عامل	تیمار	جرم مخصوص ظاهری ++ (کیلوگرم بر مترمکعب)	جرم مخصوص واقعی ++ (کیلوگرم بر مترمکعب)	تخلخل ++ (درصد)	وزن هزار دانه ++ (گرم)	نیروی گسیختگی فشاری (نیوتن)	نیروی گسیختگی خمشی (نیوتن)	برنج سالم (درصد)	راندمان تبدیل (درصد)
اثر رقم	هاشمی	۵۴۱/۸۳ b	۱۲۶۲/۶۷ b	۵۷/۰۸ ab	۲۴/۹۷ b	۷۰/۲۸ a	۲۲/۷۵ a	۷۹/۷۵ a	۶۶/۰۴ a
	علی کاظمی	۵۶۱/۵۴ a	۱۲۹۲/۲۴ a	۵۶/۵۶ b	۲۶/۹۶ a	۶۹/۵۰ a	۲۱/۰۶ b	۷۶/۰۷ b	۶۵/۷۴ b
	طارم	۵۲۴/۴۸ c	۱۲۴۶/۲۳ c	۵۷/۹۱ a	۲۳/۷۴ c	۷۰/۶۶ a	۲۱/۸۶ b	۷۸/۶۱ a	۶۶/۰۸ a
اثر نوع محصول	محصول اصلی	۵۴۷/۶۶ a	۱۲۶۹/۹۷ a	۵۶/۸۸ a	۲۵/۲۸ a	۶۹/۹۰ a	۲۰/۰۹ b	۷۶/۰۱ b	۶۵/۹۴ a
	رتون	۵۳۷/۵۸ a	۱۲۶۴/۱۳ a	۵۷/۴۸ a	۲۵/۱۷ a	۷۰/۴۰ a	۲۳/۶۸ a	۸۰/۲۷ a	۶۵/۹۷ a
اثر رقم در نوع محصول	هاشمی- محصول اصلی	۵۴۷/۱۲ b	۱۲۷۳/۴۸ bc	۵۷/۰۳ ab	۲۵/۱۲ b	۷۱/۰۴ a	۲۰/۸۲ c	۷۸/۱۵ c	۶۶/۲۳ b
	هاشمی- رتون	۵۳۶/۵۴ bc	۱۲۵۱/۸۵ d	۵۷/۱۳ ab	۲۴/۸۳ bc	۶۹/۵۳ a	۲۴/۶۸ a	۸۱/۳۶ a	۶۵/۸۷ dc
	علی کاظمی- محصول اصلی	۵۷۴/۸۶ a	۱۳۰۲/۱۴ a	۵۵/۸۴ b	۲۷/۰۶ a	۶۸/۷۵ a	۱۹/۶۴ c	۷۳/۴۱ d	۶۶/۰۷ bc
	علی کاظمی- رتون	۵۴۸/۲۳ b	۱۲۸۲/۳۴ b	۵۷/۲۹ ab	۲۶/۸۷ a	۷۰/۲۶ a	۲۲/۴۷ b	۷۸/۷۲ bc	۶۵/۴۲ e
	طارم- محصول اصلی	۵۲۱/۰۰ c	۱۲۳۴/۲۸ e	۵۷/۷۸ a	۲۳/۶۸ c	۶۹/۹۲ a	۱۹/۸۲ c	۷۶/۴۸ c	۶۵/۵۳ de
	طارم- رتون	۵۲۷/۹۷ bc	۱۲۵۸/۲۰ dc	۵۸/۰۳ a	۲۳/۸۱ c	۷۱/۴۱ a	۲۳/۹۱ a	۸۰/۷۴ ab	۶۶/۶۴ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. ++اندازه گیری‌ها مربوط به شلتوک می‌باشد.

آمده در این تحقیق است. یکی از دلایل این امر نوع شلتوک مورد استفاده در تحقیق آنها است که به صورت ریشک‌دار مورد آزمایش قرار گرفته است. تحقیقات علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2006) نشان می‌دهد که ریشک زدایی سبب ایجاد تغییرات معنی‌دار در خواص فیزیکی می‌شود. بین سه رقم هاشمی، علی‌کاظمی و طارم و نیز بین دو نوع محصول اصلی و رتون از نظر درصد تخلخل اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین، مقایسه بین میانگین‌های اثر متقابل رقم در نوع محصول بر درصد تخلخل اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف دیده نمی‌شود.

### نیروی گسیختگی دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر رقم و نوع محصول بر نیروی گسیختگی دانه در بارگذاری فشاری معنی‌دار نیست ولی این عوامل اثر معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) بر نیروی گسیختگی دانه تحت بارگذاری خمشی دارد (جدول ۱). نیروی گسیختگی دانه در بارگذاری فشاری برای سه رقم به طور میانگین  $70/14$  نیوتن تعیین شده است (جدول ۲).

از بین سه رقم برنج مورد آزمایش، بیشترین نیروی گسیختگی دانه در بارگذاری خمشی ( $22/75$  نیوتن) مربوط به رقم هاشمی و کمترین آن ( $21/05$  نیوتن) در رقم طارم است. ولی بین دو رقم طارم و علی‌کاظمی در این مورد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۲). همچنین، میانگین نیروی گسیختگی دانه تحت بارگذاری خمشی در برنج محصول رتون ( $23/68$  نیوتن) به طور معنی‌دار بیش از نیروی گسیختگی دانه در محصول اصلی ( $20/09$  نیوتن) است. مقایسه بین میانگین‌های اثر متقابل رقم در نوع محصول نیز نشان می‌دهد که در تمام ارقام مورد آزمایش، نیروی گسیختگی در بارگذاری خمشی برنج رتون بیشتر از نیروی گسیختگی در بارگذاری خمشی برنج

جدول ۲ نشان می‌دهد که از بین سه رقم برنج مورد آزمایش، بیشترین جرم مخصوص توده ( $561/54$  کیلوگرم بر مترمکعب) در رقم علی‌کاظمی و کمترین آن ( $524/48$  کیلوگرم بر مترمکعب) در رقم طارم است. همچنین، نتایج به دست آمده نشان دهنده آن است که بین دو نوع محصول و نیز اثر متقابل رقم در نوع محصول از لحاظ جرم مخصوص توده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. به طور کلی، مقدار جرم مخصوص توده شلتوک به نوع رقم، مقدار رطوبت و سایر خصوصیات فیزیکی آنها بستگی دارد. بالاتر بودن جرم مخصوص توده شلتوک رقم علی‌کاظمی، در مقایسه با دو رقم دیگر را می‌توان به وزن هزار دانه بیشتر این رقم نسبت داد. در مورد جرم مخصوص واقعی، اثر ساده رقم و نوع محصول بر جرم مخصوص واقعی شلتوک روند مشابهی داشته است. اثر متقابل رقم در نوع محصول بر مقدار جرم مخصوص واقعی نشان می‌دهد که شلتوک رقم علی‌کاظمی در هر دو نوع محصول اصلی و رتون به ترتیب با  $1302/14$  و  $1282/34$  کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین جرم مخصوص واقعی و رقم طارم به ترتیب با مقادیر  $1234/27$  و  $1258/20$  کیلوگرم بر مترمکعب کمترین جرم مخصوص واقعی را دارا است.

آشتیانی عراقی و همکاران (Ashtiani Araghi *et al.*, 2010) جرم مخصوص توده شلتوک دو رقم سرخه و سازندگی متداول در استان اصفهان را به ترتیب  $598$  و  $576$  کیلوگرم بر مترمکعب و جوکی و خزایی (Jouki & Khazaei, 2012) جرم مخصوص توده و جرم مخصوص واقعی شلتوک رقم صدری را به ترتیب  $541$  و  $1108/98$  کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. ذرعی‌فروش و همکاران (Zareiforush *et al.*, 2011) جرم مخصوص توده رقم هاشمی را در رطوبت حدود  $11$  درصد برابر  $390/03$  کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند که به طور قابل توجهی کمتر از جرم مخصوص به دست

کاهش درصد برنج سالم در محصول اصلی را می‌توان به طول و ضریب لاغری بیشتر آن، نسبت به برنج رتون، مربوط دانست. سگوی و کلمنت (Seguy & Clement, 1994) گزارش کردند که با افزایش طول برنج قهوه‌ای ضایعات در مرحله تبدیل افزایش می‌یابد. تحقیقات نگوین و کونز (Nguyen & Kunze, 1984) نشان می‌دهد که کیفیت تبدیل برنج با افزایش ضریب لاغری کاهش می‌یابد. عملکرد برنج سالم به عواملی مانند رقم، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آن و شرایط دستگاه‌های تبدیل بستگی دارد. با توجه به اینکه در این تحقیق نوع دستگاه‌های تبدیل مورد استفاده در همه تیمارها یکسان بود، بنابراین اختلاف بین درصد برنج سالم در دو نوع محصول اصلی و رتون ارقام مختلف را می‌توان ناشی از تفاوت بین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آنها دانست.

### نتیجه‌گیری

از میان خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده، طول و ضریب لاغری دانه (برنج قهوه‌ای) در محصول اصلی بیشتر از مقادیر معادل آنها در محصول رتون است، در حالی که برنج رتون در مقایسه با برنج محصول اصلی ضخامت و درجه کروییت بیشتری دارد. در سایر خواص فیزیکی، بین برنج رتون و محصول اصلی اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. در هر یک از ارقام مورد آزمایش، نیروی گسیختگی خمشی و درصد برنج سالم در برنج محصول رتون به طور معنی‌دار بیشتر از نیروی گسیختگی خمشی و درصد برنج سالم برنج محصول اصلی است. به طوری که بیشترین مقدار نیروی گسیختگی و برنج سالم (به ترتیب ۲۴/۶۸ نیوتن و ۸۱/۳۶ درصد) مربوط به برنج رتون رقم هاشمی و کمترین مقادیر معادل آنها (به ترتیب ۱۹/۶۴ نیوتن و ۷۳/۴۱ درصد) در برنج رتون رقم علی‌کاظمی تعیین شد.

محصول اصلی است (جدول ۲). کمتر بودن طول دانه در محصول رتون در مقایسه با محصول اصلی می‌تواند از دلایل اصلی افزایش نیروی گسیختگی در بارگذاری خمشی باشد.

### خصوصیات تبدیل برنج

نتایج تحزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر رقم و نوع محصول بر عملکرد برنج سالم معنی‌دار است ( $P < 0/01$ ). همچنین، اثر رقم ( $P < 0/05$ ) و اثر متقابل رقم  $\times$  نوع محصول بر راندمان تبدیل ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار است (جدول ۱). درصد برنج سالم در ارقام هاشمی (۷۹/۷۵ درصد) و طارم (۷۸/۶۱ درصد) بیشتر از درصد برنج سالم در رقم علی‌کاظمی (۷۶/۰۶ درصد) است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که از بین دو نوع محصول، درصد برنج سالم در برنج رتون (۸۰/۲۷ درصد) اختلاف معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) با درصد برنج سالم در محصول اصلی (۷۶/۰۱ درصد) دارد. بیشترین درصد برنج سالم (۸۱/۳۶ درصد) در رقم هاشمی محصول رتون و کمترین مقدار (۷۳/۴۱ درصد) در رقم علی‌کاظمی و محصول اصلی به دست آمده است (جدول ۲).

راندمان تبدیل (یعنی نسبت وزن برنج سفیدشده به وزن شلتوک اولیه) در ارقام هاشمی (۶۶/۰۴ درصد) و طارم (۶۶/۰۸ درصد) به صورت معنی‌دار بیش از راندمان تبدیل در رقم علی‌کاظمی (۶۵/۷۴ درصد) است، ولی بین دو نوع محصول اصلی و رتون از این نظر اختلاف معنی‌دار نیست. نتایج اثر متقابل رقم در نوع محصول نشان می‌دهد که در ارقام هاشمی و علی‌کاظمی راندمان تبدیل محصول رتون کمتر از راندمان تبدیل محصول اصلی ولی در رقم طارم بر عکس است (جدول ۲). راندمان تبدیل به عواملی مانند رقم و خصوصیات ژنتیکی و فیزیکی هر یک از ارقام بستگی دارد.

## قدردانی

از کلیه مسئولان مؤسسه تحقیقات برنج کشور، دفتر برنج وزارت جهاد کشاورزی و همکاران بخش تحقیقات فنی و مهندسی مؤسسه، به دلیل حمایت‌های مالی و همکاری در اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

## مراجع

- Alizadeh, M. R., Dabbaghi, A. and Rahimi-Ajdadi, F. 2011. Effect of final paddy moisture content on breakage force and milling properties of rice varieties. *Elixir Agric.* 36, 3186-3189.
- Alizadeh, M. R., Minaei, S., Tavakoli, T. and Khoshtaghaza, M. H. 2006. Effect of de-awning on physical properties of paddy. *Pakistan J. Biol. Sci.* 9, 1726-1731.
- Anon. 2014. FAO STAT Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at <http://apps.fao.org>.
- Anon. 2013. Agricultural Statistics. Vol. 1: Crop Products 1391-92. Ministry of Jihade Agriculture. 1<sup>st</sup> Ed. Tehran. Iran.
- Ashtiani Araghi, H., Sadeghi, M. and Hemmat, A. 2010. Physical properties of two rough rice varieties affected by moisture content. *Int. Agrophys.* 24, 205-207.
- Aviara, N. A., Oluwole, F. A. and Haque, M. A. 2005. Effect of moisture content on some physical properties of sheanut (*Butyrospermum Paradoxum*). *Int. Agrophys.* 19, 193-198.
- Bagheri, I., Dehpour, M. B., Payman, S. H., and Zareiforoush, H. 2011. Rupture strength of brown rice varieties as affected by moisture content and loading rate. *Australian J. Crop Sci.* 5, 1239-1246.
- Cao, W., Nishiyama, Y. and Koide, S. 2004. Physicochemical, mechanical and thermal properties of brown rice grain with various moisture content. *Int. J. Food Sci. and Technol.* 39, 899-906.
- Chang, C. S. 1988. Porosity and density of grain kernels. *Cereal Chem.* 65, 13-15.
- Correa, P. C., Schwans da Silav, F., Jaren, C., Afonso Junior, P. C. and Arana, I. 2007. Physical and mechanical properties in rice processing. *J. Food Eng.* 79, 137-142.
- Farouk, S. M. and Islam, M. N. 1995. Effect of parboiling and milling parameters on breakage of rice grains. *Agric. Mech. Asia Africa Latin Am.* 26(4): 33-38.
- Firouzi, S. and Alizadeh, M. R. 2013. An investigation of the effects of harvesting time and milling moisture content of paddy on the quality of milled rice. *Int. J. Biosci.* 3(10): 133-138.
- Ghasemi Varnamkhasti, M., Mobli, H., Jafari, A., Rafiee, S., Heidarysoltanabadi, M. and Kheiralipour, K. 2007. Some engineering properties of paddy (Var Sazandegi). *Int. J. Agric. Biol.* 9, 763-766.
- Jain, R. K. and Bal, S. 1997. Physical properties of pearl millet. *J. Agric. Eng. Res.* 66, 85-91.
- Jelodar, N. B. 2005. Yield, yield components and physico-chemical characters of the ratoon crop of Iranian rice cultivars. *Acta. Agron Hung.* 53(3): 329-337
- Jouki, M. and Khazaei, N. 2012. Some physical properties of rice seed (*Oryza sativa* L.). *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.* 4, 1846-1849.
- Kocabiyik, H., Akta, T. and Kay, B. 2004. Porosity rate of some kernel crops. *J. Agron.* 3(2): 76-80.
- Kibar, H., Ozturk, T. and Esen, B. 2010. The effect of moisture content on physical and mechanical properties of rice (*Oryza sativa* L.). *Spanish J. Agric. Res.* 8, 741-749.
- Lu, R. and Siebenmorgen, T. J. 1995. Correlation of head rice yield to selected physical and mechanical properties of rice kernels. *Trans. ASAE.* 38, 889-894.
- Minaei, S., Alizadeh, M. R., Khoshtaghaza, M. H. and Tavakoli, T. 2007. Effects of de-awning and moisture content on husking characteristics of paddy in rubber-roll husker. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 2(1): 01-05.

- Mohapatra, D. and Bal, S. 2007. Effect of degree of milling on specific energy consumption, optical measurements and cooking quality of rice. *J. Food Eng.* 80, 119-125.
- Mohsenin, N. N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. 2<sup>nd</sup> Ed. Gordon and Breach Science Pub. New York.
- Nguyen, C. N. and Kunze, O. R. 1984. Fissures related to post-drying treatments in rough rice. *Cereal Chem.* 6(1): 63-68.
- Ojayi, O. A. and Clark, B. 1997. High velocity impact of maize kernels. *J. Agric. Eng. Res.* 67, 97-101.
- Omobuwajo, T. O., Sanni, L. A. and Olajide, J. O. 2000. Physical properties of ackee apple (*Blishia sapida*) seeds. *J. Food Eng.* 45, 45-48.
- Pomeranz, Y. and Webb, B. D. 1985. Rice hardness and functional properties. *Cereal Foods World.* 30, 784-790.
- Sacilik, K., Ozturk, R. and Keskin, R. 2003. Some physical properties of hemp seed. *Biosys. Eng.* 86(2): 191-198.
- Sahay, K. M. and Singh, K. K. 1994. Unit operations of Agricultural Processing, 1<sup>st</sup> Ed. Vikas Pub. Hose, Pvt. Ltd. New Delhi. India.
- Seguy, J. and Clement, C. J. 1994. Behavior of rice during processing. *J. Agric. Res. Dev.* 16, 38-46.
- Shitanda, D., Nishiyama, Y. and Koide, S. 2002. Compressive strength properties of rough rice considering variations of contact area. *J. Food Eng.* 53, 53-58.
- Singh, K. K. and Goswami, T. K. 1996. Physical properties of cumin seed. *J. Agric. Eng. Res.* 642, 93-98.
- Singh, D. and Moysey, E. B. 1985. Grain bin wall pressure. Theoretical and experimental. *Canadian Agric. Eng.* 27, 43-48.
- Wouters, A. and Baerdemaeker, J. 1988. Effect of moisture content on mechanical properties of rice kernel under quasi-static compressive loading. *J. Food Eng.* 7, 83-111.
- Yang, W., Siebenmorgen, T. G., Thielen, T. P. H. and Cnossen, A. G. 2003. Effect of glass transition on conductivity of rough rice. *Biosys. Eng.* 84, 193-200.
- Yazdpour, H., Shahri, M. M., Soleymani, A. and Mobasser, H. R. 2012. Effects of harvesting time and harvesting height on grain yield and agronomic characters in rice ratoon (*Oryza sativa* L.). *J. Food Agric. Environ.* 10(1): 438-440.
- Zareiforush, H., Hosseinzadeh, B., Adabi, M. E. and Motasebi, A. 2011. Moisture-dependent physical properties of paddy grains. *J. Ame. Sci.* 7, 175-182.

## Effect of Variety and Type of Ratoon and Main Crops on Physical, Mechanical, and Milling Properties of Rice

M. R. Alizadeh\*

\* Corresponding Author: Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Rice Research Institute of Iran (RRII), AREEO, P. O. Box: 1658, Rasht, Iran. Email: alizadeh\_mohammadreza@yahoo.com  
Received: 27 February 2015, Accepted: 22 August 2015

The present study examined the physical properties, rupture force, and milling characteristics of the common *Hashemi*, *Alikazemi*, and *Tarom* rice varieties in main and ratoon crops. The experiment was conducted as a factorial(3×2) randomized complete block design with five replications. The results revealed that the thickness (1.68 mm) and sphericity of grains (0.388) were less in the main crop than in the ratoon rice (1.71 mm and 0.398, respectively). The *Hashemi* variety recorded the greatest length (7.58 mm). *Alikazemi* recorded the greatest width (2.03 mm), thickness (1.80 mm), geometric mean diameter (3.00 mm), sphericity (0.408), surface area (25.40 mm<sup>2</sup>), bulk density (561.54kgm<sup>-3</sup>), true density (1292.24 kgm<sup>-3</sup>), and thousand grain mass (26.96 g). The highest bending rupture force(24.68 N) and head rice yield (81.36%) was obtained for the ratoon rice crop of the *Hashemi* variety and the lowest corresponding values (19.6 N and 73.41%, respectively) were recorded for the main rice crop of the *Alikazemi* variety (P<0.01). There was no significant difference in compressive grain rupture force between varieties or between the main and ratoon crops.

**Keywords:** Physical Properties, Ratoon Rice, Rice Milling, Rupture Force