معرفی ارقام برنج ایرانی مناسب برای پاربویلینگ

اصلان عزیزی*[1]، مصطفی قادری[2]

۱- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی

*mostafa.ghaderi64@gmail.com

چکیده

برنج از قدیمی‌ترین گیاهانی است که دانه آن کشت داده می‌شود. تهیه غذا از آن در سایر کشورهای جهان متنوع‌تر از ایران بوده و غذاهای تهیه شده در کشورهای جنوب شرقی آسیا از ارزش غذایی بالایی برخوردار است. یکی از انواع برنج متداول در این مناطق، برنج پاربویلینگ است. شلتوک برنج بعد از طی مراحل بوجاری و خشک کردن، به مرحله پخت میرسد. مراحل مختلف فرآیند پاربویلینگ به ترتیب عبارتست از خیساندن، پختن، خشک‌کردن، برنج‌کوبی، پوست‌گیری و سفید کردن. برنج پاربویل شده نیز می‌تواند مانند برنج خام خواص مطلوب خاص خود را دارا می‌باشد که این امر بستگی زیادی به تکنیک بکار رفته دارد. کاهش درصد شکستگی دانه، افت کمتر ویتامین‌ها و املاح معدنی، نابودی مایکوتوکسین‌ها، کاهش ضایعات آنزیمی، افزایش زمان انبارمانی، افزایش میزان روغن باقیمانده در سبوس و تسهیل استخراج آن از مزایای استفاده از این تکنیک می‌باشد. در این تحقیق مراحل خیساندن، پختن و خشک کردن در شرایط و زمان‌های مختلف روی واریته‌های متداول کشت در دو استان گیلان و مازندران مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده بطور کلی اِعمال فرآیند پاربویلینگ باعث کاهش درصد شکستگی تمام هفت رقم شلتوک انتخاب شده (آمل، رشت، خزر، طارم، هراز، سفیدرود و مازند) در طی عملیات پوست‌گیری و سفید کردن شد ولی مناسب‌ترین ارقام ایرانی جهت پاربویلینگ به ترتیب آمل، مازند، سپیدرود و هراز می‌باشند.

کلمات کلیدی: برنج ایرانی، پاربویلینگ، شکستگی دانه، توجیه اقتصادی

مقدمه

برنج، بعد از گندم یکی از مهمترین غلات مصرفی دنیاست و غذای اصلی حدود ٪۵۰ از سکنه روی زمین را تشکیل می‌دهد (پایان، ۱۳۸۴). یکی از انواع برنج متداول در آسیای جنوب شرقی، برنج پاربویل[1] شده است (Bhattacharya and Shankara, 1986) که متأسفانه تا کنون در کشور ما از نظر

1 - Parboil

فرهنگ تغذیه نتوانسته است که در سبد جیره غذایی جایی داشته باشد. روش سنتی پاربویلینگ برنج به این ترتیب بود که شلتوک را حدود یک ساعت در ظروف مخصوص پخته سپس آنرا روی زمین پخش کرده و خشک می‌نمودند. در روش صنعتی، شلتوک را مدت ۱۲-۹ ساعت در دو برابر وزنش آب گرم $^{\circ C}$۶۰-۵۵ و یا بمدت ۲۴ الی ۳۶ ساعت در آب سرد می‌خیسانند تا حدود ٪۳۵-۳۰ آب جذب کند. سپس شلتوک خیس شده را وارد تانک‌های تحت فشار کرده و مدت ۲۰-۱۰ دقیقه در برابر آب با دمای $^{\circ C}$۱۲۰-۱۱۵ قرار می‌دهند تا پوسته و سبوس آن نرمتر شود. در اثر عملیات فوق، تمام نشاسته برنج ژلاتینه می‌شود. سپس محصول به آرامی تا رطوبت مناسب خشک و آسیاب می‌شود. در ابتدای آسیاب کردن، مقدار رطوبت شلتوک باید حدود ۱۳-۱۱ درصد باشد (Shankara and Bhattacharya, 1990).

هدف اصلی از پاربویلینگ، نرم شدن سبوس جهت سهولت آسیاب شدن است، لیکن همزمان دارای مزایای دیگری هم هست؛ از جمله اینکه در طی این عملیات ویتامین‌های محلول در آب بویژه B_1 و ۲B و املاح موجود در سبوس و پوسته وارد آندوسپرم دانه می‌شود و در نتیجه ارزش غذایی برنج بیشتر می‌شود (Swaminathan, 1981; Kshirod *et al*, 1966). این عملیات همچنین موجب می‌شود که دانه حالت لاستیکی پیدا کرده و از شکسته شدن بعدی آن جلوگیری می‌شود و بالاخره اینکه برنج پاربویل شده سطحی سخت‌تر و صیقلی‌تر دارد، از اینرو در برابر آفات انباری مقاومتر است. همچنین برنج پاربویل شده هنگام طبخ و آبکش کردن، مواد جامد کمتری را نسبت به برنج معمولی از دست داده ارزش غذایی خود را بهتر حفظ می‌کند. اما از مهم‌ترین معایب برنج پاربویل شده این است که رنگ آن قهوه‌ای بوده و نیز به علت سخت‌تر بودن پوسته نیاز به زمان بیشتری برای پخت دارد که هردو از نظر مصرف‌کننده نامطلوب است (پایان، ۱۳۸۴). طبق آمار ارائه شده توسط مرکز آمار وزارت جهاد کشاورزی، میزان تولید شلتوک در کشور در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، حدود ۲/۲۵ میلیون تن بوده که استان‌های مازندران و گیلان به‌ترتیب ۴۶ و ۲۹ درصد از تولید را به خود اختصاص داده و جمعاً ۷۵ درصد از تولید کشور مربوط به دو استان مذکور است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹). از سوی دیگر میزان مصرف سرانه برنج حدود ۴۵ کیلوگرم است که این میزان با افزایش شهرنشینی بیشتر می‌شود. از اینرو توجه به این منبع غذایی مهم با توجه به نیازهایی غذایی کشور ضروری به نظر می‌رسد. مراحل مختلف پاربویلینگ در انجام این پژوهش عبارت بودند از: خیساندن[1]، پختن، خشک کردن، برنج کوبی[2]، پوست‌گیری و سفیدکردن که شرایط موجود در مراحل خیساندن، پخت و خشک‌کردن از مؤثرترین مراحل می‌باشد (Subrahmanyan *et al*, 1938; Bhattacharya and Shankara, 1986; Bhattacharya and Subbaro, 1966)، به همین دلیل سطوح مختلف از تیمارها در این سه مرحله اعمال شد.

1 - Soaking
2 - Milling

مواد و روش‌ها

۱- تهیه نمونه شلتوک

برای انجام این پژوهش، نمونه شلتوک‌های مورد نظر از واریته‌های متداول کشت در دو استان مازندران و گیلان از معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در استان مازندران (آمل) جمع‌آوری و جهت اجرای تیمارهای مورد نظر به آزمایشگاه صنایع غذایی تهران انتقال داده شد. شلتوک‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه کاملاً تمیز و بوجاری شده و در دمای $^{\circ}C$ ۳۰-۲۵ در سطل‌های پلاستیکی درب‌دار نگهداری شدند.

۲- تعیین میزان رطوبت واریته‌ها

بعد از مرحله تمیز کردن، جهت یکسان نمودن شرایط برای واریته‌ها، میزان رطوبت اولیه تعیین شد. برای اندازه‌گیری مقدار رطوبت از دستگاه Oheas مدل MD200 استفاده شد. برای این منظور ۱۰۰ گرم شلتوک را وزن کرده، در محفظه قرار داده و پس از ۳۰ دقیقه، رطوبت آن یادداشت شد. میزان رطوبت اولیه واریته‌های مختلف شلتوک در جدول شماره ۲ مشخص شده است. جهت حفظ رطوبت در طول مطالعات، شلتوک‌ها در ظروف پلاستیکی درب‌دار نگهداری شدند.

۳- خیساندن شلتوک‌ها

برای خیساندن شلتوک‌ها از روش خیساندن در آب گرم[1] استفاده شد. ارجحیت این روش نسبت به روش‌های سنتی متداول، عدم رشد میکروارگانیسم‌ها، عدم تشکیل ترکیبات با بوی نامطلوب و کاهش زمان خیساندن است. البته خیساندن در دمای بالا باعث بالا رفتن کیفیت برنج شده و ۱ تا ۲/۱ درصد افزایش طول دانه در طی پاربویلینگ را درپی دارد ولی رنگ آن تیره‌تر از برنجی است که در آب سرد خیسانده شده است (Bhattacharya and Subbaro, 1966) همچنین خیساندن در آب گرم تا رطوبت ۵۵-۵۰ درصد هیدراتاسیون بهتری خواهد داشت (Bandy and Roy, 1977). دمای خیساندن تأثیر بسزایی بر سختی و رنگ دانه (Pilliar and mohandess, 1989)، همچنین بر کاهش فعالیت آنزیم لیپاز (Barder, 1983) خواهد داشت.

تیمارهای خیساندن در دو سطح (دمای $^{\circ}C$ ۷۰ به مدت ۳ ساعت و دمای $^{\circ}C$ ۸۰ به مدت ۵/۱ ساعت) اعمال شدند. برای خیساندن شلتوک برنج از دیگ استیل دوجداره پخت ۲۰۰ کیلوگرمی که منبع حرارتی را بخار تأمین می‌کرد استفاده شد. دما توسط ترموکوپل کنترل و با پتانسیومتر خوانده شد. برای جلوگیری از ترکیدن شلتوک در قسمت بالا که گرمتر است، همزنی تعبیه شد که توده را جابجا کند.

[1] - Hot Soaking

۴- پخت شلتوک‌ها

طبق مطالعات محققین، فرآیند پخت تحت فشار باعث بهبود خصوصیات شلتوک‌کوبی (Grinddy *et al.*, 1973) و همچنین کاهش درصد شکستگی و قابلیت جذب آب (Ajayi and Agun, 1989) خواهد شد. پختن به‌صورت بخاردهی در دو سطح (فشار اتمسفر به مدت ۷-۵ دقیقه و فشار ۱ kg/cm^2 به مدت ۵ دقیقه) روی واریته‌ها اعمال شد. برای انجام این فرآیند از اتوکلاو ۵۰۰ کیلوگرمی عمودی مجهز استفاده شد. ابتدا شلتوک‌های خیس شده در سینی‌های آلومینیومی به ابعاد ۴۵ × ۳۵ × ۴ با کف مشبک پهن و در داخل اتوکلاو قرار داده شد. سپس پخت در فشار اتمسفر به مدت ۷- ۵ دقیقه انجام شد. در فرآیند پخت تحت فشار[1] نیز از اتوکلاو فوق استفاده شد که پس از قرار دادن شلتوک‌های خیسانده شده در اتوکلاو، فشار را به ۱ kg/cm^2 و به مدت ۵ دقیقه در این شرایط نگه داشته شد. سپس نمونه‌ها خارج تا خنک شوند.

۵- خشک کردن شلتوک‌ها

خشک کردن در دو سطح (خشک کردن آفتابی و خشک کردن تحت هوای با دمای $^{\circ}C$۴۵-۴۰) روی واریته‌ها اعمال شد برای دستیابی به به محصولی با کیفیت خوب خشک کردن شلتوک پاربویل شده در دو مرحله انجام گرفت تا رطوبت از آندوسپرم به لایه خارجی حرکت کند و از شکستگی یا ترکیدن دانه جلوگیری شود. در مرحله اول از روش آفتابی، خشک کردن به صورت پیوسته تا رسیدن به رطوبت ۲۰- ۱۶ درصد ادامه داده شد. سپس فرآیند را مدتی متوقف نموده و شلتوک‌های خشک شده توسط آفتاب خشک و کپه شدند. در روش خشک کردن با هوای گرم، از خشک‌کن صنعتی با دمای حدود $^{\circ}C$۴۵-۴۰ استفاده تا رطوبت به ٪۲۰- ۱۶ رسید. سپس به مدت ۱۶ ساعت به آن استراحت[2] داده شد. بعد از این مرحله خشک کردن تا رسیدن با رطوبت ۱۴- ۱۳ درصد ادامه یافت.

۶- برنج کوبی شلتوک‌ها

شلتوک‌های فرآیند شده در آزمایش فوق برای هر واریته و تیمار خاص بوسیله غلتک لاستیکی آزمایشگاهی Soatake Rice پوسته‌گیری و بوسیله دستگاه سفیدکننده Ketl Polisher (Type TP2) تا میزان ۵ درصد پولیشینگ شدند. سبوس‌های استحصالی از هر واریته و تیمار پس از این مرحله جمع‌آوری و در ظروف شیشه‌ای غیر قابل نفوذ به اکسیژن جهت تعیین درصد شکستگی و میزان افت ویتامین نگهداری شدند.

1 - Pressure-Parboiling
2 - Tempering

۷- تعیین درصد شکستگی دانه

انجام این آزمایش، منطبق بر روش آزمون مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) بود. تعیین اندازه دانه‌های شکسته شده با استفاده از دستگاه گریدر انجام شد. نهایتاً درصد شکستگی دانه طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد شکستگی دانه} = \frac{\text{وزن دانه برنج سالم در ۱ کیلوگرم}}{\text{وزن دانه‌های شکسته شده با اندازه کمتر از } \frac{3}{4} \text{ طول دانه در ۱ کیلوگرم}}$$

عملیات آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی بر پایه آزمون فاکتوریل سه عاملی و هر کدام در ۲ سطح انجام گرفت و برای یافتن بهترین شرایط پاربویلینگ، میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

برای یافتن بهترین شرایط پاربویلینگ برنج واریته هراز، مقایسه میانگین‌های درصد دانه‌های شکسته آن در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام انجام و نتایج در جدول شماره ۳ مشخص شده است. با توجه به اینکه کمتر بودن درصد دانه‌های شکسته به عنوان یک صفت مطلوب در نظر گرفته می‌شود، بنابراین مطابق جدول شماره ۳ بهترین شرایط پاربویلینگ برای واریته هراز عبارت است از خیساندن در $^{\circ}C$ ۸۰ بمدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در فشار kg/cm^2 ۱ به مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در دمای $^{\circ}C$ ۴۵-۴۰ بمدت ۶۰ دقیقه. با بررسی جدول شماره ۴ مشخص می‌شود که سه حالت زیر برای پاربویلینگ واریته دشت مناسب می‌باشد و از نظر آماری با یکدیگر تفاوت ندارند:

۱- خیساندن در دمای $^{\circ}C$ ۸۰ بمدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در فشار اتمسفر بمدت ۷- ۵ دقیقه و خشک کردن خورشیدی.

۲- خیساندن در دمای $^{\circ}C$ ۸۰ بمدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در فشار kg/cm^2 ۱ به مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در دمای $^{\circ}C$ ۴۵-۴۰ بمدت ۶۰ دقیقه.

۳- خیساندن در دمای $^{\circ}C$ ۸۰ بمدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در فشار kg/cm^2 ۱ به مدت ۵ دقیقه و خشک کردن خورشیدی.

بنابراین با توجه به شرایط و امکانات موجود و در نظر گرفتن مسائل اقتصادی، می‌توان یکی از آنها را برای پاربویلینگ واریته دشت انتخاب کرد.

با توجه به جدول مقایسه میانگین های درصد دانه‌های شکسته برنج واریته طارم (جدول شماره ۵) در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن مشخص می‌شود که بهترین شرایط پاربویلینگ این واریته عبارت است از خیساندن در $^{\circ}C$ ۷۰ به مدت ۳ ساعت، بخاردهی در kg/cm^2 ۱ به مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در $^{\circ}C$ ۴۵-۴۰ به مدت ۶۰ دقیقه.

طبق جدول مقایسه میانگین های درصد دانه های شکسته برنج واریته آمل (جدول شماره ۶) برای پاربویلینگ این واریته، در دو حالت زیر کمترین درصد دانه های شکسته به دست آمد:

۱- خیساندن در $۷۰^{\circ}C$ به مدت ۳ ساعت، بخاردهی در $۱ kg/cm^{۲}$ به مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در $۴۰-۴۵^{\circ}C$ به مدت ۶۰ دقیقه.

۲- خیساندن در $۸۰^{\circ}C$ به مدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در $۱ kg/cm^{۲}$ به‌مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در $۴۰-۴۵^{\circ}C$ به مدت ۶۰ دقیقه.

پاربویلینگ برنج آمل در شرایط فوق از نظر آماری با یکدیگر تفاوتی ندارند و با توجه به شرایط و امکانات، می‌توان یکی از شرایط را انتخاب کرد.

همان طور که از جدول شماره ۷ برداشت می‌شود، مقایسه میانگین درصد دانه های شکسته واریته سفید رود در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن نشان داده شده است که بهترین شرایط پاربویلینگ عبارت است از خیساندن در $۸۰^{\circ}C$ به مدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در $۱ kg/cm^{۲}$ به مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در $۴۰-۴۵^{\circ}C$ به مدت ۶۰ دقیقه.

از جدول شماره ۸ برمی‌آید که از نظر آماری چهار حالت زیر برای پاربویلینگ برنج واریته خزر مناسب می‌باشد که می‌توان حسب امکانات، مناسب ترین را انتخاب نمود:

۱- خیساندن در $۷۰^{\circ}C$ به مدت ۳ ساعت، بخاردهی در $۱ kg/cm^{۲}$ به مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در $۴۰-۴۵^{\circ}C$ به مدت ۶۰ دقیقه.

۲- خیساندن در $۸۰^{\circ}C$ به مدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در فشار اتمسفر به مدت ۷-۵ دقیقه و خشک کردن خورشیدی.

۳- خیساندن در $۸۰^{\circ}C$ به مدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در $۱ kg/cm^{۲}$ به‌مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در $۴۰-۴۵^{\circ}C$ به مدت ۶۰ دقیقه.

۳- خیساندن در $۸۰^{\circ}C$ به مدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در $۱ kg/cm^{۲}$ به مدت ۵ دقیقه و خشک کردن خورشیدی.

طبق جدول ۹ مشخص می‌شود که بهترین شرایط پاربویلینگ برنج واریته مازند بدون تفاوت معنی‌دار عبارتند از:

۱- خیساندن در $۷۰^{\circ}C$ به مدت ۳ ساعت، بخاردهی در $۱ kg/cm^{۲}$ به‌مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در $۴۰-۴۵^{\circ}C$ به مدت ۶۰ دقیقه.

۲- خیساندن در $۸۰^{\circ}C$ به مدت ۵/۱ ساعت، بخاردهی در $۱ kg/cm^{۲}$ به مدت ۵ دقیقه و خشک کردن در $۴۰-۴۵^{\circ}C$ به مدت ۶۰ دقیقه.

نتیجه گیری

نتیجه مقایسه تیمارهای شاهد و پاربویلینگ ارقام شلتوک هراز، سفیدرود، دشت، مازند، آمل، طارم و خزر نشان می‌دهد که به طور کلی فرایند پاربویلینگ باعث کاهش درصد شکستگی شلتوک تمامی هفت رقم مورد مطالعه در طی عملیات پوست کنی و سبوس گیری می‌شود اما این کاهش در ارقام مختلف متفاوت می‌باشد. بنابراین ارقام مناسب برای پاربویلینگ به ترتیب اهمیت ارقام آمل، مازند، سپید رود و هراز می‌باشند. همچنین به‌نظر می‌رسد فرایند پاربویلینگ نتوانست بر روی کاهش درصد شکستگی شلتوک خزر، طارم و دشت تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشد.

توجیه اقتصادی

در کشور ما مهم‌ترین ضایعات برنج پس از برداشت، در طی مراحل نگهداری، پوست‌گیری و سفید کردن می‌باشد. هرچند بعضی از ارقام پرمحصول معرفی شده توسط محققین تحقیقات مؤسسه برنج کشور از راندمان تولید بسیار خوبی برخوردار هستند، ولی به دلیل داشتن بافت نرم طی مراحل پوست‌گیری و سفید کردن با ضایعات بسیار بالایی مواجه می‌شوند. از طرفی در طول نگهداری بعضی از ارقام شلتوک با آلودگی‌های میکروبی و حشرات مواجه می‌شوند. مطالعات بعمل آمده در این طرح نشان دهنده آن است که در اغلب برنج‌های پرمحصول ایران، مقدار شکستگی در طول پوست‌گیری و سفید کردن پس از فرآیند پاربویلینگ به مقدار قابل توجهی کاهش یافت. در این فرآیند به دلیل ژلاتینه شدن بافت برنج محکم شده و اغلب از مقدار رطوبت آن کاسته می‌شود. به همین دلیل آلودگی میکروبی و حملات حشرات به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. از طرفی چون این عملیات یک فرآیند حرارتی است، آنزیم‌های عامل لیپولیز، غیرفعال شده و دچار فساد آنزیمی نمی‌شوند (Shaheen *et al.*, 1975). همچنین می‌توان از سبوس حاصل از پوست گیری در استحصال روغن یا خوراک دام استفاده کرد که بسیار مفید و با ارزش می‌باشد. این بخش نیز افزایش بهره‌وری اقتصادی را در پی دارد.

پیشنهادات

برنج غذای اصلی حدود نیمی از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد. هر چند در ایران، خوراک اصلی مردم نان است، ولی برنج در برنامه‌های تولید محصولات زراعی، دارای جایگاه ویژه و پر اهمیت می‌باشد. بدیهی است که بهره برداری اقتصادی فرآورده‌های جنبی محصول برنج و استقرار اصولی و منطقی صنایع مربوطه، علاوه بر اقتصادی نمودن بیشتر جایگاه تولید آن، مزایای زیر را نیز در پی خواهد داشت:

- ✓ افزایش درآمد سرانه روستائیان؛
- ✓ بهبود اقتصاد کشاورزی مناطق تولید برنج؛

- ✓ جلوگیری از آلودگی محیط زیست؛
- ✓ کاهش ضایعات و بهره گیری از فرآورده‌های جنبی محصول برنج؛
- ✓ ایجاد صنایع جدید و حرکت در جهت توسعه صنعتی؛

منابع

۱. پایان، ر. ۱۳۸۴. تکنولوژی فرآورده‌های غلات. چاپ اول. ویرایش سوم. انتشارات آییژ. ۴۴۰ صفحه.

۲. سایت وزارت جهاد کشاورزی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. آمار تولید در سال زراعی ۸۸-۸۷.

3. Shankara, R and KR. Bhattacharya. 1990. Rice Milling. RESC Scientific Series. No.3. Regoing Extention Service Center. Ministry of Food Processing Industries. Government of India.
4. Bhattacharya, KR. And R. Shankara. 1986. Parboiling of Rice. RECSC Scientific Series. No.2. Regenal Extention Service Center. Department of Food. Government of India. Discipline of grain science and technology. Central food technological research. Mysore India.
5. Bhattacharya, KR. and PV. Subbarao. 1966. Effect of processing condition on quality of parboiling rice. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 14(5): 476-479..
6. Swaminathan, M. 1981. Biochemistry for medical students. Geetha book house. Mysore. India.
7. Kshirod, R., KR. Bhattacharya R. Subba. 1966. Processing aondion and milling yield on parboiling of rice. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 14(5): 473-475.
8. Grinddy, EL. and H. Rafei. 1973. The milling quality of paddy rice as influenced with parboiling. *Egyptian Journal of Food Science*. 2: 137-155.
9. Shaheen AB., Pesh. A. El-Sirbeevy. E. 1975. Effect of parboiling of rice on the rate of lipid hydrolysis and deterioration of rice bran. *Cereal Chemistry*. 52(1): 1-8.
10. Pristley RJ. 1976. Studies on parboiling rice quantitative study of the effects of steaming on various properties of parboiling rice. *Food Chemistry*. 1(2): 139-148.
11. Bundy, O. and NC. Roy. 1977. Study on swelling and Hydration of paddy by hot soaking. *Journal of Science and Technology*. 14(3): 95-98.
12. Pilliar, p. and R. Mohandess. 1989. Hardness and color in parboiling rice produced at low and high temperature. *Food Science and Technology*. 18(1): 7-9.
13. Barber, SB. 1983. Inactivation of rice bran enzymes during parboiling process. 6th International congress of food science and technology. 1: 85-86.
14. Ajayi, OA. And AB. Agun. 1989. Effect of parboiling degree on some of quality paraeters in rice. *Journal of Food Science and Technology*. 26(5): 245-247.

جدول ۱- مقایسه ترکیبات تغذیه‌ای برنج پاربویل و برنج معمولی

	برنج پاربویل شده	برنج معمولی
رطوبت	۳/۱۳	۱۳
کربوهیدرات	۱/۷۹	۲/۷۹
پروتئین	۴/۶	۹/۶
چربی	۴/۰	۴/۰
مواد معدنی	۸/۰	۵/۰
فیبر	-	-
آهن	۲/۲	۰/۱
فسفر	۱۵/۰	۱۱/۰
کلسیم	۰۱/۰	۰۱/۰
ویتامین B1 (تیامین)	-	-
ویتامین B2 (ریبوفلاوین)	۲۱۰	۶۰
نیکوتینیک اسید	۶/۳	۲/۱
کالری	۳۴۶	۳۴۸۰

جدول ۲- میزان رطوبت شلتوک‌ها قبل از فرآیند پاربویلینگ

واریته	میزان رطوبت (٪)
آمل	۱/۱۵
رشت	۸/۱۴
خزر	۵/۱۴
طارم	۱۴
هراز	۲/۱۴
سفیدرود	۹/۱۴
مازند	۲/۱۵

جدول ۳- مقایسه میانگین درصد دانه‌های شکسته برنج واریته هراز در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن

خیساندن	بخاردهی	خشک کردن	میانگین درصد دانه‌های شکسته	آزمون دانکن ۵٪	آزمون دانکن ۱٪
^{C}۷۰° به مدت ۳ ساعت	۷-۵ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۵°-۴۰ به مدت ۶۰ دقیقه^{C}	۸۳۳/۳	E	E
		خشک کردن آفتابی	۶۰۰/۸	C	C
	۵ دقیقه در فشار ۱kg/cm^{2}	۴۵°-۴۰ به مدت ۶۰ دقیقه^{C}	۵۳/۱۰	B	B
		خشک کردن آفتابی	۳۷/۱۳	A	A
^{C}۸۰° به مدت ۵/۱ ساعت	۷-۵ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۵°-۴۰ به مدت ۶۰ دقیقه^{C}	۲۳۳/۶	D	D
		خشک کردن آفتابی	۱۳۳/۵	DE	DE
	۵ دقیقه در فشار ۱kg/cm^{2}	۴۵°-۴۰ به مدت ۶۰ دقیقه^{C}	۶۰۰/۱	F	F
		خشک کردن آفتابی	۵۳۳/۸	C	C

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین درصد دانه‌های شکسته برنج واریته دشت در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن

خیساندن	بخاردهی	خشک کردن	میانگین درصد دانه‌های شکسته	آزمون دانکن ۵٪	آزمون دانکن ۱٪
۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت	۵-۷ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۶۳۳/۹	b	b
		خشک کردن آفتابی	۷۳/۱۱	a	a
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۳۰۰/۶	c	cd
		خشک کردن آفتابی	۰۰۰/۵	d	de
۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵/۱ ساعت	۵-۷ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۶۶۷/۶	c	c
		خشک کردن آفتابی	۱۳۳/۴	de	e
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۷۶۷/۳	c	c
		خشک کردن آفتابی	۸۰۰/۴	d	e

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد دانه‌های شکسته برنج واریته طارم در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن

خیساندن	بخاردهی	خشک کردن	میانگین درصد دانه‌های شکسته	آزمون دانکن ۵٪	آزمون دانکن ۱٪
۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت	۵-۷ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۰۳۳/۹	a	a
		خشک کردن آفتابی	۲۳۳/۵	d	d
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۲۰۰/۲	f	f
		خشک کردن آفتابی	۰۰۰/۳	e	e
۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵/۱ ساعت	۵-۷ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۷۳۳/۶	b	b
		خشک کردن آفتابی	۲۰۰/۶	c	c
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۸۳۳/۲	e	e
		خشک کردن آفتابی	۰۵۰/۳	e	e

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین درصد دانه‌های شکسته برنج واریته آمل در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن

خیساندن	بخاردهی	خشک کردن	میانگین درصد دانه‌های شکسته	آزمون دانکن ۵٪	آزمون دانکن ۱٪
۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت	۵-۷ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۸۳۳/۳	d	d
		خشک کردن آفتابی	۶۰۰/۸	a	a
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۵۳/۱۰	e	e
		خشک کردن آفتابی	۳۷/۱۳	b	b
۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵/۱ ساعت	۵-۷ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۲۳۳/۶	d	cd
		خشک کردن آفتابی	۱۳۳/۵	c	c
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه	۶۰۰/۱	e	e
		خشک کردن آفتابی	۵۳۳/۸	d	d

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین درصد دانه‌های شکسته برنج واریته سفیدرود در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن

خیساندن	بخاردهی	خشک کردن	میانگین درصد دانه‌های شکسته	آزمون دانکن ۵٪	آزمون دانکن ۱٪
۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت	۷- ۵ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۵۷/۱۵	c	c
		خشک کردن آفتابی	۰۰/۱۶	c	c
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۱۳/۴۴	a	a
		خشک کردن آفتابی	۰۳/۱۱	d	d
۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵/۱ ساعت	۷- ۵ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۱۷/۲۱	b	b
		خشک کردن آفتابی	۳۳/۲۲	b	b
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۱۰۰/۹	de	e
		خشک کردن آفتابی	۹۳۳/۷	e	c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۸- مقایسه میانگین درصد دانه‌های شکسته برنج واریته خزر در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن

خیساندن	بخاردهی	خشک کردن	میانگین درصد دانه‌های شکسته	آزمون دانکن ۵٪	آزمون دانکن ۱٪
۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت	۷- ۵ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۷۳/۱۵	b	b
		خشک کردن آفتابی	۲۰/۱۵	b	b
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۳۳۳/۶	c	c
		خشک کردن آفتابی	۶۳/۲۰	a	a
۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵/۱ ساعت	۷- ۵ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۶۷/۱۳	b	b
		خشک کردن آفتابی	۱۰۰/۹	c	c
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۲۳۳/۶	c	c
		خشک کردن آفتابی	۹۳۳/۶	c	c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۹- مقایسه میانگین درصد دانه‌های شکسته برنج واریته مازند در سطوح مختلف خیساندن، بخاردهی و خشک کردن

خیساندن	بخاردهی	خشک کردن	میانگین درصد دانه‌های شکسته	آزمون دانکن ۵٪	آزمون دانکن ۱٪
۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت	۷- ۵ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۹۰/۱۳	c	c
		خشک کردن آفتابی	۱۳/۲۵	a	a
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۰۶۷/۵	g	f
		خشک کردن آفتابی	۶۰/۱۸	b	b
۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵/۱ ساعت	۷- ۵ دقیقه در فشار اتمسفر	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۸۳/۱۳	c	c
		خشک کردن آفتابی	۸۷/۱۰	d	d
	۵ دقیقه در فشار ۱ kg/cm²	۴۰-۴۵° به مدت ۶۰ دقیقه C	۲۳۳/۶	f	f
		خشک کردن آفتابی	۶۸۰/۸	e	e

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف غیرمشابه هستند در آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم اختلاف معنی‌دار دارند.