مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۵/ شماره ۲/سال ۱۳۹۳/ص ۸۸-۷۷

بررسی اثر پاربویل کردن بر خصوصیات تبدیل و کیفی سه رقم طارم، شیرودی و فجر

عاصفه لطیفی* و محمدرضا علیزاده**

* نگارنده مسئول: نشانی: آمل، کیلومتر ۸ آمل به بابل، موسسه تحقیقات برنج کشور، ص. پ. ۱۴۵، پیام‌نگار: asefeh59@yahoo.com
** به‌ترتیب: محقق و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۹

چکیده

نیم‌جوش کردن یا پاربویل کردن مخلوطی از تیمار آبی و حرارتی بر شلتوک و شامل سه مرحلهٔ اصلی است: خیساندن در آب، حرارت‌دهی با بخار و خشک کردن. مهم‌ترین هدف پاربویل کردن کاهش درصد شکستگی برنج است، هرچند ارزش غذایی آن نیز افزایش می‌یابد. در این پروژه سه رقم برنج: طارم محلی، شیرودی و فجر تحت تیمار پاربویل شده قرار داده شدند و فاکتورهای تبدیل و کیفیت بین دو حالت پاربویل شدن و پاربویل نشدن مقایسه شدند. مهمترین تغییرات پس از پاربویل شدن کاهش معنی‌دار درصد خرده برنج در دو رقم شیرودی و فجر، کاهش سفیدی ارقام، تغییر در خصوصیات پخت و از جمله کاهش مواد جامد از دست رفته و افزایش سختی ارقام پاربویل شده است.

واژه‌های کلیدی

پاربویل شدن، خصوصیات پخت برنج، درصد شکستگی، سختی برنج، سفیدی

مقدمه

پاربویل کردن یا نیم‌جوش کردن، فرایندی است هیدروترمال که مخلوطی از تیمار آبی و حرارتی بر شلتوک قبل از عملیات خشک کردن و تبدیل آن به برنج سفید اعمال می‌گردد. این فرایند شامل سه مرحلهٔ اصلی است: خیساندن، حرارت دادن و خشک کردن.

در این مرحله خیساندن، شلتوک به نسبت ۱/۵ تا ۲ برابر وزن آن با آب مخلوط می‌شود (Juliano, 1985; Marshal *et al*., 1993). دمای آب باید حداقل ۵ درجه سلسیوس کمتر از دمای ژلاتینه شدن نشاسته برنج باشد (Islam *et al*., 2004). معمولا دمای ۶۰ تا ۷۰ درجه سلسیوس انتخاب می‌شود و مدت زمان خیساندن ۶ تا ۸ ساعت خواهد بود (Juliano, 1985; Adhikaritanayake & Noomhorm, 1998; Islam *et al*., 2004) از آب با دمای محیط هم می‌توان استفاده کرد که در این حالت مدت زمان خیساندن افزایش می‌یابد و خطر رشد میکروب‌ها هم وجود خواهد داشت و اگر دمای خیساندن بالا باشد، تغییر رنگ شدید و بوی نامطبوع ایجاد می‌شود. هدف از اجرای این مرحله، جذب رطوبت کافی برای ژلاتینه شدن نشاسته در مرحله حرارت‌دهی است که میزان آن بر پایهٔ مرطوب ۳۰ تا ۳۵ درصد است (Luh, 1991). اخیرا برنج قهوه‌ای نیز به جای شلتوک خیسانده می‌شود که سبب صرفه‌جویی ۴۰ درصد در مصرف انرژی شده و زمان خیساندن را به کمتر از ۲ ساعت می‌رساند (Kar *et al*., 1999; Soponronnarit *et al*., 2006).

هدف از اجرای مرحله حرارت‌دهی، ژلاتینه شدن (ذوب شدن) گرانول‌های نشاسته است که می‌تواند در فشار اتمسفر (دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس) یا تحت فشار (دمای بالای ۱۰۰ درجه سلسیوس) باشد. هرچه فشار و دما

بالاتر باشد زمان حرارت‌دهی کمتر خواهد شد. فرایند بخاردهی باید به اندازه‌ای باشد که دانه به‌طور کامل ژلاتینه شود وگرنه سطح ژلاتینه خواهد شد و در عمق نقطهٔ گچی دیده می‌شود که بازارپسندی کمتری دارد و به‌صورت جزئی پاربویل شده است (Juliano, 1985; Luh, 1991).

روش خشک کردن تأثیر زیادی در میزان شکستگی برنج پاربویل شده دارد. برای خشک کردن از روش‌های متفاوت استفاده می‌شود، از خشک کردن در سایه تا خشک کردن در خشک‌کن‌های مدرن. خشک کردن در سایه صد در صد برنج سفید کامل به‌دست می‌دهد اما عیب این روش وقت‌گیر بودن آن است (حدود ۴۸ ساعت) و نیاز به مکان وسیع برای پهن کردن شلتوک دارد؛ از این روش در مقیاس آزمایشگاهی و برای کارهای تحقیقی استفاده می‌شود. اما در بقیه روش‌ها مقداری برنج شکسته وجود خواهد داشت. هرچه بخاردهی در فشار و دمای بالاتر باشد، درصد خرده برنج کمتر می‌شود. دما و نحوه خشک کردن نیز تأثیرگذار است. از آن‌جا که رطوبت شلتوک بالا است (۳۵ درصد)، بهتر است خشک کردن چند مرحله‌ای باشد یعنی بین مراحل کار، وقفه وجود داشته باشد. اگر از خشک کردن یک مرحله‌ای استفاده شود معمولا درصد شکستگی بالا خواهد بود. در خشک‌کن‌های مدرن از دمای بالا استفاده می‌شود تا رطوبت شلتوک به ۱۸ درصد برسد، پس از آن چند ساعت استراحت به شلتوک داد می‌شود و بقیهٔ عملیات تا رسیدن به رطوبت ۱۱ درصد ادامه می‌یابد (Elbert *et al*., 2001).

تغییرات ایجاد شده در برنج پاربویل شده

مهم‌ترین دلیل پاربویل کردن، کاهش درصد شکستگی برنج و افزایش ارزش غذایی آن است. اولین بار در قرن ۱۹ میلادی پی بردند مردم مناطقی که برنج پاربویل شده مصرف می‌کنند به بیماری بری‌بری یا همان بیماری کمبود تیامین دچار نمی‌شوند. خیساندن و حرارت‌دهی سبب مهاجرت ویتامین‌های خانوادهٔ B و املاح معدنی از سبوس به برنج سفید می‌شود (Juliano, 1985). ژلاتینه شدن نشاسته نیز سبب سخت‌تر شدن بافت برنج شده و مقاومت آن را حین تبدیل افزایش می‌دهد که به تولید برنج سالم بیشتر می‌انجامد (Bello *et al*., 2006). تغییرات مهمی نیز به هنگام پخت به‌وجود می‌آید از جمله چسبندگی کمتر برنج پخته که علت آن نشر کمتر مواد مغذی و نشاسته از برنج پاربویل شده است؛ و ویژگی اخیر دلیل عمده استقبال از برنج پاربویل شده در کشورهای غربی است زیرا آن را برای بسیاری از فراورده‌های کنسروی مناسب می‌سازد (Saif *et al*., 2004).

رنگ برنج پاربویل شده به زرد ملایم یا کهربایی تغییر می‌یابد که دلیل آن نفوذ رنگ‌دانه از شلتوک و سبوس به دانه، واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی مایلارد و واکنش‌های آنزیمی در مرحلهٔ خیساندن بیان شده است. شدت تغییر رنگ به دما و مدت زمان مرحلهٔ خیساندن و حرارت‌دهی بستگی دارد. خیساندن، اثر انتقال رنگ‌دانه را تسریع می‌کند؛ حرارت‌دهی نیز واکنش مایلارد را سرعت می‌بخشد که ترکیب قندهای کاهنده و اسید آمینه آزاد است (Lamberts *et al*., 2006).

طول، عرض و ضخامت برنج پاربویل شده ممکن است تا اندازه‌ای (حدود ۱۰ درصد) افزایش یابد (Saif *et al*., 2004).

روش‌های مختلف پاربویل کردن

از گذشته‌های بسیار دور در کشور هند مدل خانگی پاربویل کردن اجرا می‌شده است. برای این کار شلتوک را با مقداری آب درون ظرفی حرارت می‌دادند تا آب به جوش آید، پس از آن به‌مدت یک شب به حال خود رها می‌شد تا خنک شود. شلتوک بعد از آبکشی، در دمای محیط و به‌مدت طولانی پهن می‌شد تا خشک شده و بعد آن عملیات تبدیل به برنج سفید را آغاز می‌کردند (Juliano, 1985; Kar *et al*., 1999). اما امروزه به‌دلیل

پیشرفت‌های تکنولوژیکی عملیات گسترده است بدین ترتیب که علاوه بر خیساندن شلتوک در آب گرم، مرحلهٔ بخاردهی هم به‌طور جداگانه برای ژلاتینه شدن گرانول نشاسته وجود دارد. در تحقیقات متعدد، دمای لازم مدت زمان خیساندن، دما و فشار لازم برای بخاردهی و مدت زمان آن و نحوهٔ خشک کردن برنج پاربویل شده بررسی شده است که همهٔ آنها شرایط بهینه را بر مبنای کمترین درصد شکستگی در برنج و کمترین تغییرات در رنگ انتخاب کرده‌اند (Adhikaritanayake & Noomhorm, 1998; Islam *et al*., 2002; Miah *et al*., 2002; Bello *et al*., 2006).

فرایند پاربویل کردن به‌دلیل استفاده از انرژی برای حرارت دادن، اضافه کردن رطوبت به شلتوک و پس گرفتن آن در خشک‌کن، وقت‌گیر و هزینه‌بر است، از این رو در مورد ارقام دانه بلندی به‌کار می‌رود که درصد شکستگی بالایی دارند (Luh, 1991).

هدف از اجرای این پروژه، بررسی تأثیر پاربویل کردن بر خصوصیات تبدیل و کیفی سه رقم برنج است: طارم محلی (رقم کیفی منطقه)، فجر و شیرودی (دو رقم پر محصول و رایج منطقه). ضرورت اجرای این پروژه، طرح تأسیس اولین کارخانه پاربویل کردن برنج در منطقهٔ شمال کشور است که لازم بود مطالعه‌ای همه جانبه در ارتباط با خصوصیات تبدیل و کیفیت پخت ارقام مطرح برنج صورت گیرد.

مواد و روش‌ها

سیصد گرم شلتوک ارقام انتخاب شده بعد از تمیز کردن اولیه با ۱/۵ برابر آب ۶۰ درجهٔ سلسیوس مخلوط شده و به‌مدت ۶ ساعت در بن‌ماری (بقراط تجهیز با دکمه تنظیم دما مدل کاوه) با این دما نگهداری و بعد از آبکشی، به‌مدت ۱۰ دقیقه با بخار ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس بخاردهی شد. سپس، شلتوک تا صبح روز بعد (۱۸ ساعت) در محیط آزمایشگاه رها شد. مرحلهٔ بعدی خشک کردن در خشک‌کن بستر ثابت آزمایشگاهی با سرعت باد ۲ متر بر ثانیه و دمای ۴۰ درجهٔ سلسیوس تا رسیدن به رطوبت ۱۱ درصد انجام گرفت. شرایط خشک کردن بر مبنای ساعات کار اداری و کمترین درصد شکستگی انتخاب شد. شلتوک خشک شده با دستگاه‌های تبدیل آزمایشگاهی (Satake Engineering Co., Ltd., Japan)، شامل پوست‌کن غلتک لاستیکی و سفیدکن سایشی، به برنج سفید تبدیل شد. آزمون‌ها همگی در سه تکرار (فقط بعضی از خواص پخت در دو تکرار) به شرح زیر اندازه‌گیری شد:

درصد شکستگی: از ۱۰۰ گرم برنج سفید، دانه‌های شکسته جدا می‌شود. دانه‌هایی که طول آن از سه چهارم طول دانهٔ کامل کمتر باشد به‌عنوان شکسته در نظر گرفته می‌شود (Aquerreta *et al*., 2007).

درصد برنج شکسته = وزن برنج شکسته / وزن برنج سفید × ۱۰۰

آزمون پخش در قلیا: مطابق روش جولیانو بر اساس پخش شدن در محلول قلیایی (پتاس ۱/۷ درصد)، از ۱ تا ۷ شماره داده می‌شود (پخش کامل ۷ و بدون تغییر ۱). این روش تخمینی برای اندازه‌گیری دمای ژلاتینه شدن برنج است.

آزمون‌های پخت: بر اساس روش سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2005) به‌شرح زیر انجام گرفت:

حداقل زمان پخت: ۵ گرم برنج سفید شسته و به‌مدت ۳۰ دقیقه در آب مقطر خیسانده می‌شود. بعد از خالی کردن آب اضافی آن، ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در حال جوش اضافه می‌شود و بعد حداقل ۴ دقیقه، نمونه برنج بیرون آورده شده و بین دو صفحه شیشه‌ای فشرده می‌شود و این کار در زمان‌های متوالی ادامه می‌یابد تا بدین ترتیب حداقل زمان پخت بر اساس نداشتن نقطه گچی در ۹۰ درصد دانه‌ها، به‌دست می‌آید.

در برنج پاربویل شده به‌دلیل طولانی شدن زمان پخت (Juliani, 1985; Marshal *et al*., 1993) ۲ دقیقه اضافی هم در نظر گرفته می‌شود یعنی تمام خواص پخت برای هر دو حالت پاربویل شده و پاربویل نشده هم در حداقل زمان پخت و هم در ۲ دقیقه اضافی اندازه‌گیری شد.

افزایش طول بعد پخت: طول ۱۰ دانهٔ پخته به طول ۱۰ دانهٔ خام سنجیده می‌شود.

نسبت طول به عرض: طول به عرض ۱۰ دانه خام و پخته سنجیده شد.

جذب آب: بعد از پخت، ۱۰ دانهٔ برنج را از آب درآورده، آب سطحی آن را با کاغذ صافی خشک کرده و میزان جذب آب از تفاوت وزن قبل (وزن ۱۰ دانه خام) و بعد از پخت محاسبه می‌شود.

مواد جامد از دست رفته: آب برنج پخته را به ارلن خشک از قبل وزن شده منتقل کرده سپس آن را در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس تا خشک شدن کامل قرار می‌دهند، تفاوت وزن قبل و بعد ارلن میزان مواد جامد از دست رفته را در ۵ گرم برنج پخته نشان می‌دهد که بر حسب درصد بیان می‌شود.

سفیدی: با دستگاه سفیدی‌سنج (whiteness tester C-100 kett) سفیدی سنجیده می‌شود. دستگاه درجه سفیدی جسم استاندارد را ۸۷/۳ نشان می‌دهد و نتایج به‌صورت درجهٔ سفیدی بیان می‌شود.

سختی دانه: برای تعیین سختی دانه (حداکثر نیروی لازم برای شکست دانه تحت بار فشاری) از روشی استفاده شد که سیف و همکاران (Saif *et al*., 2004) ارائه داده‌اند. برای این منظور ۲۰ دانهٔ برنج سفید به‌طور تصادفی و جداگانه انتخاب و در زیر دستگاه سختی‌سنج (Lutron FG 5020, Taiwan) قرار داده شد. سختی‌سنج دارای لود سلی به ظرفیت ۲۵ کیلوگرم نیرو و دقت ۰/۰۱ نیوتن است. در قسمت انتهایی میلهٔ متصل به سختی‌سنج، صفحهٔ فشاردهنده‌ای پیچ شده است. برنج روی سطح پایینی سختی‌سنج قرار داده می‌شود و با حرکت میله به سمت پایین با سرعت ۱۵ میلی‌متر در دقیقه نیرو از طریق صفحهٔ فشاردهنده بر روی دانه اعمال می‌شود. نیروی حداکثر در زمان شکست، بر حسب نیوتن روی صفحه نمایشگر سختی‌سنج ثبت می‌گردد.

طرح به‌صورت تصادفی و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن و بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS اجرا شد.

نتایج و بحث

درجهٔ سفیدی در هر سه رقم کاهش یافت و مطابق جدول‌های ۱، ۲ و ۳ به‌طور تقریبی از ۵۰ به ۳۰ رسید. آدهیکاریتاناک و نومهورم (Adhikaritanayake & Noomhorm, 1998) و سوپونروناریت و همکاران (Soponronnarit *et al*., 2006) نیز درجهٔ سفیدی برنج پاربویل شده را با سفیدی‌سنج اندازه‌گیری کرده و گزارش دادند که مقادیر آن در برنج پاربویل شده کاهش می‌یابد و میزان آن با شدت فرایند افزایش می‌یافت. هرچه دمای خیساندن بالاتر و مدت زمان بخاردهی بیشتر بود سفیدی کاهش بیشتری می‌یافت. علت تغییر رنگ به واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد نسبت داده شده است (Lamberts *et al*., 2006).

آزمون پخش در قلیا در دو رقم فجر و طارم بین دو حالت پاربویل شده و پاربویل نشده یکسان اما شکل دانهٔ حل شده در قلیا متفاوت بوده است. باتاچاریا (Bhattacharya, 1979) می‌گوید برنج پاربویل شده سریعتر شروع به واکنش با قلیا می‌کند و بیشتر تمایل به باد کردن و حل شدن دارد تا ترک خوردن و شکاف برداشتن. این حالت در سه رقم برنج مورد بررسی مشهود بود و نمونه‌های پاربویل شده در مقایسه با نمونه‌های پاربویل نشده بسیار بادکرده‌تر بودند. در شیرودی نمونه

پاربویل شده، بیشتر حل شده بود و امتیاز آن ۴ در مقابل ۳ پاربویل نشده بود.

کاهش درصد شکستگی در دو رقم برنج فجر و شیرودی، مطابق جدول‌های ۲ و ۳ معنی‌داری است (۳۰ و ۱۰ درصد) و با یافته‌های دیگر محققان که مهم‌ترین هدف پاربویل را کاهش درصد شکستگی اعلام کردند (Marshal *et al.*, 1993; Bello *et al.*, 2006; Soponronnarit *et al.*, 2006) همخوانی دارد، این پدیده به سخت‌تر شدن بافت برنج پاربویل شده نسبت داده می‌شود که ناشی از ژلاتینه شدن سطحی برنج است. اما در رقم طارم تفاوت چندانی در میزان شکستگی دیده نمی‌شود. با توجه به آنکه رقم طارم از ارقام محلی و با درصد شکستگی پایین است و با توجه به روش خشک کردن ارقام، این مقدار شکستگی غیر قابل اجتناب است اگر از روش خشک‌کردن در سایه استفاده می‌شد احتمال کاهش درصد شکستگی در طارم وجود می‌داشت. همچنین، در بررسی‌های اولیهٔ کارخانه‌ای دیده شده است که رقم‌های باران خرده محلی که درصد شکستگی بالایی دارند (۳۰ درصد) در فرایند پاربویل شدن کاهش ۱۰ درصد را نشان می‌دهند.

در نسبت طول به عرض خام در هر سه رقم، مطابق جدول‌های ۴، ۵ و ۶ بین دو حالت پاربویل شده و پاربویل نشده تفاوت معنی‌داری دیده نشد که نشانگر آن است که طول و عرض برنج خام پاربویل شده تغییری نمی‌کند. سیف و همکاران (Saif *et al.*, 2004) معتقدند که طول و عرض برنج پاربویل شده به مقدار جزئی افزایش می‌یابد.

نسبت طویل شدن در برنج طارم پاربویل شده در دو دقیقه اضافی و در برنج رقم فجر پاربویل شده در هر دو زمان کاهش نشان داد و این کاهش معنی‌دار بود، یعنی پاربویل شدن تأثیر منفی در قد کشیدن برنج دارد. جولیانو (Juliano, 1985) نشان داده است که برنج پاربویل شده کوتاه‌تر و پهن‌تر می‌شود. این نسبت در رقم شیرودی تغییر نکرد.

نسبت طول به عرض دانهٔ پخته فقط در رقم طارم پاربویل شده کاهش معنی‌داری داشت؛ به بیان دیگر عرض برنج طارم پاربویل شده زیادتر شده بود اما در دو رقم دیگر تغییر چندانی پیدا نکرد. این موضوع احتمالا به ذات رقم وابسته است؛ چون طارم خام نسبت به دو رقم دیگر کوتاه‌تر و پهن‌تر است و در نتیجه پاربویل شدن طارم سبب کوتاه‌تر شدن قد و افزایش عرض آن شده است. سوجاتا و همکاران (Sujatha *et al.*, 2004) می‌گویند عرض برنج پاربویل شده افزایش می‌یابد.

جذب آب در سه رقم برنج، بین دو حالت پاربویل شده و پاربویل نشده، مطابق جدول های ۴، ۵ و ۶ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت اما با توجه به جدول‌های ۱، ۲ و ۳ میزان جذب آب در برنج پاربویل شده به‌خصوص ارقام فجر و شیرودی کاهش نشان می‌دهد. جولیانو (Juliano, 1985) به کاهش جذب آب برنج پاربویل شده و در نتیجه طولانی‌تر شدن زمان پخت اشاره کرده است و سوپونروناریت و همکاران (Soponronnarit*et al.*, 2006) کاهش ویسکوزیته ماکزیمم در ارقام پاربویل شده را به کاهش جذب آب ناشی از ژلاتینه شدن قبلی برنج نسبت می‌دهند.

میزان مواد جامد از دست رفته در هر سه رقم برنج و در هر دو زمان پخت در رقم پاربویل شده کمتر بود؛ در رقم شیرودی در حداقل زمان پخت و در دو رقم دیگر در دو دقیقه اضافی معنی‌دار شد. بلو و همکاران (Bello *et al.*, 2006) و سوپونروناریت و همکاران (Soponronnarit *et al.*, 2006) به کمتر بودن مواد منتشره از برنج پاربویل شده و در نتیجه کاهش چسبندگی آن اشاره کرده‌اند. سختی برنج پاربویل شده در هر سه رقم تفاوت معنی‌دار داشت و تقریبا دو برابر شده بود. محققان دیگر مانند آدهیکاریتاناک و نومهورم

(Adhikaritanayake & Noomhorm, 1998)، مارشال و همکاران (Marshal *et al.*, 1993) و سیف و همکاران (Saif *et al.*, 2004) نیز افزایش سختی برنج پاربویل شده به‌دلیل ژلاتینه شدن گرانول نشاسته را بیان کرده‌اند.

جدول ۱- خصوصیات کیفی رقم طارم در دو حالت پاربویل شده و پاربویل نشده

تیمار	درصد شکستگی	امتیاز پخش در قلیا	سفیدی	نسبت طویل شدن	نسبت طویل شدن ۲+	طول به عرض خام	طول به عرض پخته	طول به عرض پخته ۲+	نسبت جذب آب	نسبت جذب آب ۲+	مواد از دست رفته	مواد از دست رفته ۲+	سختی (نیوتن)
پاربویل نشده	۱۷	۴	۵۰/۳	۱/۹۳	۱/۹۹	۳/۳۳	۴/۲۸	۴/۴۳	۳/۳۳	۳/۵۵	۷/۸	۱۰/۲	۸/۷
پاربویل نشده	۲۲	۴	۵۰/۱	۱/۸۰	۱/۸۸	۳/۴۳	۴/۱۱	۴/۳۱	۳/۲۷	۳/۷۲	۸/۶	۱۰/۴	۸/۷
پاربویل نشده	۲۱	۴	۵۲/۱								۷/۴	۱۱/۶	۸/۷
پاربویل شده	۱۷	۴	۳۴/۷	۱/۶	۱/۵۸	۳/۲۷	۳	۲/۹۶	۳/۵	۳/۵	۷	۷/۴	۱۸
پاربویل شده	۱۷	۴	۳۴/۳	۱/۴۸	۱/۵۶	۳/۴۵	۲/۹۳	۳/۰۷	۲/۹۴	۳/۱۱	۶	۷	۱۹
پاربویل شده	۱۶	۴	۳۶/۱								۸/۶	۸/۸	۱۹

۲+ یعنی در دو دقیقه اضافی نسبت به حداقل زمان پخت

جدول ۲- خصوصیات کیفی رقم شیرودی در دو حالت پاربویل و غیر پاربویل

تیمار	درصد شکستگی	امتیاز پخش در قلیا	سفیدی	نسبت طویل شدن	نسبت طویل شدن ۲+	طول به عرض خام	طول به عرض پخته	طول به عرض پخته ۲+	نسبت جذب آب	نسبت جذب آب ۲+	مواد از دست رفته	مواد از دست رفته ۲+	سختی (نیوتن)
پاربویل نشده	۳۷/۳	۳	۵۲/۸	۱/۵۶	۱/۶۵	۳/۷۹	۳/۶۷	۳/۸۱	۳/۱۲	۴/۲۵	۶/۶	۷/۴	۹/۲
پاربویل نشده	۳۸	۳	۵۲/۲	۱/۷۱	۱/۷	۳/۷۲	۳/۹۸	۳/۹۶	۳/۲۲	۳/۳۳	۴/۶	۶/۶	۹/۵
پاربویل نشده	۳۷	۳	۵۳								۴/۲	۷/۲	۹/۵
پاربویل شده	۲۷/۳	۴	۳۴	۱/۵۷	۱/۶۲	۳/۷۹	۳/۷۵	۳/۷	۲/۴۵	۲/۸	۳	۶/۴	۲۰/۲
پاربویل شده	۲۴	۴	۳۸	۱/۵۵	۱/۵۶	۳/۷۷	۳/۸۶	۳/۶۵	۲/۷۲	۳/۱	۲	۵/۸	۱۹/۳۸
پاربویل شده	۲۱	۴	۳۸/۲								۱/۴	۴/۶	۱۹/۲

جدول ۳- خصوصیات کیفی رقم فجر در دو حالت پاربویل و غیر پاربویل

تیمار	درصد شکستگی	امتیاز پخش در قلیا	سفیدی	نسبت طویل شدن	نسبت طویل شدن ۲+	طول به عرض خام	طول به عرض پخته	طول به عرض پخته ۲+	نسبت جذب آب	نسبت جذب آب ۲+	مواد از دست رفته	مواد از دست رفته ۲+	سختی (نیوتن)
پاربویل نشده	۵۰	۷	۵۱/۷	۱/۷۲	۱/۶۸	۳/۸۸	۳/۹۸	۳/۸۶	۲/۹۳	۳/۱۲	۸/۴	۱۱/۸	۸/۵
پاربویل نشده	۴۹	۷	۵۲/۷	۱/۶۵	۱/۷۴	۳/۹۴	۳/۹۶	۴	۳/۰۶	۳/۶	۷	۱۰/۲	۸/۷
پاربویل نشده	۴۶	۷	۵۲/۷								۱۰/۲	۱۰/۲	۸/۷
پاربویل شده	۱۹	۷	۳۱/۹	۱/۴۱	۱/۴۶	۴/۲۶	۳/۷۳	۳/۷۳	۲/۳۳	۲/۵۵	۷/۸	۷/۸	۱۶/۵
پاربویل شده	۲۲	۷	۳۰/۴	۱/۴۶	۱/۴۶	۴/۳۸	۳/۸۶	۳/۷	۲/۷۵	۳/۰۶	۷	۹	۱۹/۸
پاربویل شده	۱۶	۷	۳۰/۷								۷/۶	۹	۱۷/۶

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات کیفی طارم پاربویل شده و پاربویل نشده

صفت	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
درصد شکستگی	تیمار	۱	۱۶/۶	۱۶/۶	۴/۵	۰/۱
	خطا	۴	۱۴/۶	۳/۶		
نسبت طویل شدن	تیمار	۱	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۱۳/۴۹	۰/۰۶۷
	خطا	۲	۰/۰۱۵۶	۰/۰۰۷۸		
نسبت طویل شدن ۲+	تیمار	۱	۰/۱۳۳	۰/۱۳۳	۴۲/۶	*۰/۰۲۳
	خطا	۲	۰/۰۰۶۲	۰/۰۰۳۱		
طول به عرض خام	تیمار	۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۸	۰/۸۶
	خطا	۲	۰/۰۲۱۲	۰/۰۱۰۶		
طول به عرض پخته	تیمار	۱	۱/۵	۱/۵	۱۷۹	**۰/۰۰۶
	خطا	۲	۰/۰۱۶۹	۰/۰۰۸۴		
طول به عرض پخته ۲+	تیمار	۱	۱/۸۳	۱/۸۳	۲۷۷	** ۰/۰۰۴
	خطا	۲	۰/۰۱۳۲	۰/۰۰۶۶		
نسبت جذب آب	تیمار	۱	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۶۴	۰/۰۸۱	۰/۸
	خطا	۲	۰/۱۵۹	۰/۰۷۹		
نسبت جذب آب ۲+	تیمار	۱	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۲/۴	۰/۲۶
	خطا	۲	۰/۰۹۰	۰/۰۴۵		
مواد از دست رفته	تیمار	۱	۰/۸۰۷	۰/۸۰۷	۰/۷۷۱	۰/۴۳
	خطا	۴	۴/۱۸	۱/۰۴۷		
مواد از دست رفته ۲+	تیمار	۱	۱۳/۵	۱۳/۵	۱۸/۴	* ۰/۰۱۳
	خطا	۴	۲/۹۳	۰/۷۳۳		
سختی	تیمار	۱	۱۴۹	۱۴۹	۸۹۴	**۰/۰۰۰
	خطا	۴	۰/۶۶۷	۰/۱۶۷		

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات کیفی شیرودی پاربویل شده و پاربویل نشده

صفت	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
درصد شکستگی	تیمار	۱	۲۶۶/۶۶	۲۶۶/۶۶	۵۲/۳۲	۰/۰۰۲ **
	خطا	۴	۲۰/۳۸	۵/۰۹		
نسبت طویل شدن	تیمار	۱	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۵۶	۰/۹۸۳	۰/۴۲۶
	خطا	۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵۷		
نسبت طویل شدن ۲+	تیمار	۱	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۷۲	۴/۷۳	۰/۱۶۱
	خطا	۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۵		
طول به عرض خام	تیمار	۱	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۰۶۲	۰/۴۷۲	۰/۵۶۳
	خطا	۲	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۱۳		
طول به عرض پخته	تیمار	۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۵	۰/۹۱۴
	خطا	۲	۰/۰۵۴	۰/۰۲۷		
طول به عرض پخته ۲+	تیمار	۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۷/۰۵	۰/۱۱۷
	خطا	۲	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۶۲		
نسبت جذب آب	تیمار	۱	۰/۳۴۲	۰/۳۴۲	۱۶/۵۱	۰/۰۵۶
	خطا	۲	۰/۰۴۱	۰/۰۲۰۷		
نسبت جذب آب ۲+	تیمار	۱	۰/۷۰۶	۰/۷۰۶	۳/۰۱۴	۰/۲۲۵
	خطا	۲	۰/۴۶۸	۰/۲۳۴		
مواد از دست رفته	تیمار	۱	۱۳/۵	۱۳/۵	۱۱/۷۰	۰/۰۲۷ *
	خطا	۴	۴/۶۱	۱/۱۵۳		
مواد از دست رفته ۲+	تیمار	۱	۳/۲۲	۳/۲۲	۶/۳۶	۰/۰۶۵
	خطا	۴	۲/۰۲۷	۰/۵۰۷		
سختی	تیمار	۱	۱۵۵/۸۵	۱۵۵/۸۵	۹۹۲/۲۹	۰/۰۰۰ **
	خطا	۴	۰/۶۲۸	۰/۱۵۷		

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ٦- تجزیه واریانس صفات کیفی فجر پاربویل شده و پاربویل نشده

صفت	منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	معنی‌داری
درصد شکستگی	تیمار	۱	۱۲۹۰/۶۶	۱۲۹۰/۶۶	۱۹۳/۶	۰/۰۰۰ **
	خطا	۴	۲۶/۶۶	۶/۶۶		
نسبت طویل شدن	تیمار	۱	۰/۰۶۲	۰/۰۶۲	۳۳/۷۸	۰/۰۲۸ *
	خطا	۲	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۱۸		
نسبت طویل شدن ۲+	تیمار	۱	۰/۰۶۲	۰/۰۶۲	۶۹/۴۴	۰/۰۱۴ *
	خطا	۲	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۹		
طول به عرض خام	تیمار	۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۱/۸۵	۰/۳۰۷
	خطا	۲	۰/۰۳	۰/۰۱۵		
طول به عرض پخته	تیمار	۱	۰/۰۳۰	۰/۰۳۰	۷/۰۸۱	۰/۱۱۷
	خطا	۲	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۴۳		
طول به عرض پخته ۲+	تیمار	۱	۰/۰۴۶۲	۰/۰۴۶۲	۹/۰۲	۰/۰۹۵
	خطا	۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵		
نسبت جذب آب	تیمار	۱	۰/۲۰۷	۰/۲۰۷	۴/۲۸	۰/۱۷۴
	خطا	۲	۰/۰۹۶	۰/۰۴۸		
نسبت جذب آب ۲+	تیمار	۱	۰/۳۰۸	۰/۳۰۸	۲/۵۱	۰/۲۵۴
	خطا	۲	۰/۲۴۵	۰/۱۲۳		
مواد از دست رفته	تیمار	۱	۱/۷۰۷	۱/۷۰۷	۱/۲۴	۰/۳۲۷
	خطا	۴	۵/۴۹	۱/۳۷		
مواد از دست رفته ۲+	تیمار	۱	۶/۸۲۷	۶/۸۲۷	۱۰/۲۴	۰/۰۳۳ *
	خطا	۴	۲/۶۶۷	۰/۶۶۷		
سختی	تیمار	۱	۱۳۰/۶۶	۱۳۰/۶۶	۹۲/۱۲	۰/۰۰۱ **
	خطا	۴	۵/۶۷	۱/۴۱		

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

نتیجه‌گیری

با توجه به وقت‌گیر بودن و مصرف انرژی بالاتر، در مقایسه با روش‌های متداول در تبدیل برنج، فرایند پاربویل تنها در صورت کاهش درصد شکستگی توجیه خواهد داشت. ارقام محلی در شرایط معمول آب و هوایی، درصد شکستگی پایین و عطر و بوی مطلوبی دارند که این ویژگی‌ها با فرایند پاربویل شدن کاهش می‌یابد ضمن اینکه بر قد کشیدن رقم طارم محلی نیز تأثیر

منفی دارد، در نتیجه می‌توان گفت که پاربویل برای ارقام طارم مناسب نیست. مگر آنکه در شرایط ویژه آب و هوایی درصد شکستگی بالایی داشته باشد. اما در مورد ارقام اصلاح شده مانند شیرودی و فجر که معمولا درصد شکستگی بالایی دارند این فرایند قابل توصیه است.

قدردانی

از موسسه تحقیقات برنج کشور به‌دلیل تامین هزینه اجرای این پروژه، سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

Adhikaritanayake, T. B. and Noomhorm, A. 1998. Effect of continuous steaming on parboiled rice quality. J. Food Eng. 36, 135-143.

Aquerreta, J., Iguaz, A., Arroqui, C. and Virseda, P. 2007. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. J. Food Eng. 80, 611-618.

Bello, M., Baeza, R. and Tolaba, M. P. 2006. Quality characteristics of milled and cooker rice affected by hydrothermal treatment. J. Food Eng. 72, 124-133.

Bhattacharya, K. R. 1979. Test for Parboiled Rice: Chemical Aspect of Rice Grain Quality. International Rice Research Institute (IRRI). Los Banos. Philippines.

Elbert, G., Tolaba, M. P. and Suarez, C. 2001. Effects of drying condition on head rice yield and browning index of parboiled rice. J. Food Eng. 47, 37-41.

Islam, M. R., Shimizu, N. and Kimura, T. 2004. Energy requirement in parboiling and its relationship to some important quality indicators. J. Food Eng. 63, 433-439.

Islam, M. R., Roy, P., Shimizu, N. and Kimura, T. 2002. Effect of processing conditions on physical properties of parboil rice. Food Sci. Technol. Res. 8(2): 106-112.

Juliano, B. O. 1985. Parboiling of Rice: Rice Chemistry and Technology. 2nd Ed. St. Paul, Minnesota. USA: American Association of Cereal Chemists.

Kar, N., Jain, R. K. and Srivastav, P. P. 1999. Parboiling of dehusked rice. J. Food Eng. 39, 17-22.

Lamberts, L., Brijs, K., Mohamed, R., Verhelst, N. and Delcour, J. A. 2006. Impact of browning reactions and bran pigments on color of parboiled rice. Agric. Food Chem. 54, 9924-9929.

Luh, B. S. 1991. Parboiled Rice: Rice Utilization. 2nd Ed. Westport, CT: AVI.

Marshal, W. E., Wadsworth, J. A., Verma, L. R. and Velupillai, L. 1993. Determining the degree of gelatinization in parboiled rice. Cereal Chem. 70(2): 226-230.

Miah, M. A. K., Hague, A., Douglass, M. P. and Clarke, B. 2002. Parboiling of rice part II: effect of hot soaking time on the degree of starch gelatinization. Food Sci. Technol. 37, 539-545.

Saif, S. M. H., Suter, D. A. and Lan, Y. 2004. Effect of processing conditions and environmental exposure on the tensile properties of parboiled rice. Biosystems Eng. 89(3): 321-330.

Singh, N., Kaur, L., Sohdi, N. S. and Sekhon, K. S. 2005. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivar. Food Chem. 89, 253-259.

Soponronnarit, S., Nathakaranakule, A., Jirajindalert, A. and Taechapairoj, C. 2006. Parboiling brown rice using super heated steam fluidization technique. Food Eng. 75, 423-432.

Sujatha, S. J., Ahmad, R. and Bhat, P. R. 2004. Physicochemical properties and cooking qualities of two varieties of raw and parboil rice cultivated in the coastal region of Dakshina India. Food Chem. 86, 211-216.

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.15/No.2/2014/P:77-88

Effect of Parboiling on Qualities and Milling of Iranian Rice

A. Latifi* and M. R. Alizadeh

* Corresponding Author: Researcher of Rice Research Institute of Iran, Amol, Mazandaran, Iran. E-mail: Asefeh59@ yahoo.com
Received: 27 October 2012, Accepted: 30 November 2013

Parboiling of paddy rice is a three-step hydrothermal process consisting of soaking, heating and drying. Parboiling decreases the percentage of broken rice and increases the nutritional value of the rice. The present study examined the Tarom, Shirody and Fajr rice varieties. The rice was parboiled, then milled and the variables for parboiled and non-parboiled rice were recorded. The most significant change was the decrease in broken rice in the Shirody and Fajr varieties, and a decrease in whiteness and solids and an increase in hardness in all parboiled rice varieties.

Keywords: Broken rice, Cooking properties, Hardness, Parboiling, Whiteness