تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۹/ شماره ۶۹/پاییز و زمستان ۱۳۹۹/ص ۵۶-۴۳
سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

اثر بخاردهی شلتوک بر مقاومت خمشی و کیفیت تبدیل برنج پر محصول

کبری تجددی طلب[1*]، فتانه علی‌پناه[2] و سید احمد شهیدی[3]

۱- استادیار علوم و صنایع غذایی، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد؛ و دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۲۹

چکیده

بخاردهی، روش کوتاه شده‌ای از فرآیند نیم‌جوش‌کردن (پاربویلینگ) است که به‌منظور ارتقای کیفی برنج به کار می‌رود. به‌منظور بررسی اثر بخاردهی بر مقاومت خمشی، درصد برنج سالم و رنگ برنج رقم گوهر از آزمایش دو فاکتوره در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. در این مطالعه، دو فاکتور مورد بررسی شامل رطوبت اولیهٔ شلتوک در سه سطح (۱۴، ۱۷ و ۲۰ درصد بر مبنای وزن مرطوب) و مدت‌زمان بخاردهی در پنج سطح (بدون بخاردهی، بخاردهی در فشار اتمسفر، به مدت ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) بود. نتایج بررسی نشان داد با افزایش مدت‌زمان بخاردهی از ۵ دقیقه به ۳۰ دقیقه مقاومت خمشی از ۲۴/۳ به ۳۱/۴ مگاپاسکال برای شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۷ درصد و از ۲۴/۸ به ۳۲/۲ مگاپاسکال برای شلتوک با رطوبت اولیه ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. در هر دو رطوبت اولیهٔ شلتوک (۱۷ و ۲۰ درصد)، عملیات بخاردهی به مدت ۳۰ دقیقه برنج سالم را به ترتیب ۴۷/۵۳ و ۴۹/۰۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. درجهٔ سفیدی برنج کاهش و شاخص زردی (b) افزایش یافت. با توجه به تغییرات رنگ، می‌توان بخاردهی به مدت ۱۰ دقیقه را برای شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱±۲۰ درصد و بخاردهی به مدت ۲۰ دقیقه را برای شلتوک با رطوبت اولیه ۱±۱۷ درصد برای رقم پر محصول گوهر پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی

بخاردهی، مقاومت خمشی، رقم پرمحصول، برنج سالم

مقدمه

پاربویلینگ[1] یا نیم‌جوش کردن، فرآیند حرارتی مرطوبی است که قبل از عملیات تبدیل، بر شلتوک اعمال می‌شود (Demuyakor *et al.*, 2013, Ibukun, 2008). این فرآیند شامل سه مرحلهٔ خیساندن، بخاردهی و خشک‌کردن است (Miah *et al.*, 2002, Gujral *et al.*, 2002). پیش‌ژلاتینی‌شدن نشاسته و تبدیل ساختار کریستالی دانه به ساختار بی‌شکل (Ejebe *et al.*, 2015)، بهبود کیفیت و افزایش راندمان تبدیل از هدف‌های اساسی فرآیند نیم‌جوش کردن به شمار می‌آیند (Gujra & Kumar, 2003, Parnsakhorn & Nomhorn, 2008). این فرآیند با پر کردن فضاهای خالی و ترمیم ترک‌های موجود در آندوسپرم، نقش مؤثری بر افزایش مقاومت دانه در برابر شکسته شدن حین عملیات تبدیل دارد (Demuyakor *et al.*, 2013, Corrêa *et al.*, 2007). مدت‌زمان بخاردهی در فرآیند نیم‌جوش کردن می‌تواند بر تغییر برخی از ویژگی‌های فیزیکی دانه مانند سختی و رنگ و ویژگی‌های حرارتی دمای ژلاتینی‌شدن و آنتالپی ژلاتینی شدن تأثیر داشته

* نگارنده مسئول: Email: dr2eng@yahoo.com
http://doi: 10.22092/fooder.2019.126280.1220
© 2020,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1-Parboiling

باشد (Parnsakhorn & Nomhorn, 2008, Patindol *et al.*, 2008, Marshal *et al.*, 1993). سیف و همکاران(Saif *et al.*, 2004) می‌گویند شرایط نیم جوش‌کردن می‌تواند بر انعطاف‌پذیری و سختی دانهٔ برنج اثر داشته باشد. محققان افزایش سختی دانه را به ژلاتینی‌شدن نشاسته و برقراری اتصال بین پروتئین‌ها و گرانول‌های نشاسته ارتباط می‌دهند (Mir & Bosco, 2013, Bhattacharya, 2011).

نتایج پژوهش‌های لطیفی و علیزاده (Latifi &Alizadeh, 2014) نشان می‌دهد در اثر نیم‌جوش کردن، درصد برنج شکسته در ارقام اصلاح‌شده شیرودی و فجر به‌طور چشمگیر کاهش می‌یابد و عملیات نیم‌جوش کردن عامل مؤثری در کاهش درجهٔ سفیدی و افزایش سختی نمونه‌هاست. تغییر رنگ برنج در اثر نیم‌جوش کردن یکی از موارد مهمی است که در بازارپسندی و پذیرش محصول برنج نقش به‌سزایی دارد. نتایج پژوهش‌های محققان می‌رساند این فرآیند حرارتی مرطوب اثر معکوسی بر درجه سفیدی برنج دارد. اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2002) گزارش کردند نیم‌جوش کردن شدید (افزایش مدت زمان بخاردهی) اثری چشمگیر بر تغییر رنگ برنج دارد. رسیدگی تسریع‌یافته یا رسیدگی مصنوعی به فرآیندی اطلاق می‌شود که در مدت‌زمان کوتاه در برنج تازه کیفیتی مطلوب و مشابه با برنج کهنه ایجاد کند (Jaisut *et al.*, 2009). طولانی بودن دوره رسیدگی برنج به روش طبیعی (۴ تا ۶ ماه) و اثر مثبت به‌کارگیری دمای بالا در زمان نگهداری برنج منجر شد به اینکه روش‌های رسیدگی تسریع‌یافته با استفاده از منابع حرارتی مانند اتوکلاو (Archana *et al.*, 2007)، مادون‌قرمز (Pan *et al.*, 2007)، هوای گرم (Soponronnarit *et al.*, 2008, Jaisut *et al.*, 2009) و اشعه مایکروویو (Nguyen & Goto, 2008) توسعه یابند. فرآیند رسیدگی تسریع یافته در شلتوک تازه برداشت‌شده به روش حرارت خشک و مرطوب قابل اجراست (Gujral & Kumar, 2003, Soponronnarit *et al.*, 2008). استفاده از این روش‌ها در هندوستان برای تولید و صادرات برنج باسماتی با درجهٔ تبدیل بالا و ویژگی‌های کیفی مناسب ضروری است (Juliano & Duff, 1991).

بخاردهی یکی از روش‌های رسیدگی تسریع‌یافته و درواقع روش کوتاه شده‌ای از فرآیند نیم‌جوش کردن است که در آن خیساندن از فرآیند نیم‌جوش کردن حذف می‌شود. به‌کارگیری روش‌های رسیدگی تسریع‌یافته در برخی از کشورهای صادرکنندهٔ برنج اهمیت خاصی دارد. گوجرال و کومار (Gujral & Kumar, 2003) در تحقیقات خود در ارتباط با رسیدگی تسریع‌یافته نشان دادند سختی برنج افزایش و چسبندگی آن کاهش می‌یابد. فرآیند نیم‌جوش کردن اگرچه یکی از روش‌های رسیدگی برنج محسوب می‌شود اما در رسیدگی تسریع‌یافته، به‌کارگیری روش بخاردهی نسبت به روش نیم‌جوش کردن با صرفه‌تر است (Gujral *et al.*, 2002).

گفتنی است در روش بخاردهی با حذف خیساندن از فرآیند نیم‌جوش کردن، علاوه بر کوتاه شدن زمان فرآوری می‌توان با مصرف انرژی کمتر محصولی با رنگ بهتر تولید کرد. برنج رقم گوهر از ارقام معرفی‌شدهٔ دانه بلندی است که عملکرد آن (۸-۷ تن در هکتار) تقریباً دو برابر عملکرد برنج رقم محلی هاشمی (۴-۳/۵ تن در هکتار) است. این رقم به دلیل دانه‌بلند بودن و وجود نقاط گچی در آن جزو ارقام بسیار حساس در مرحله تبدیل محسوب می‌شود. به‌کارگیری روش‌های فرآوری مناسب برای کاستن از ضایعات پس از برداشت ارقام معرفی‌شدهٔ جدیدی که دارای پتانسیل عملکرد بالا هستند

می‌تواند در حفظ پایداری آنها در صنعت برنج و بازار مصرف نقش مؤثری داشته باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثر بخاردهی بر مقاومت دانه، تولید برنج سالم و تغییر رنگ برنج رقم پر محصول گوهر است.

مواد و روش‌ها

مواد

در این مطالعه، از شلتوک رقم پر محصول گوهر با سه دامنهٔ رطوبتی متفاوت (۱± ۱۴ درصد، ۱± ۱۷ درصد و ۱±۲۰ درصد) استفاده شد.

روش‌ها

بخاردهی و خشک‌کردن شلتوک

پس از بوجاری، نمونه‌های شلتوک بدون خیساندن به مدت ۱± ۵، ۱± ۱۰، ۱± ۲۰، ۱±۳۰ دقیقه با استفاده از دستگاه پاربویل (نیم‌جوش) آزمایشگاهی ساخته شده در موسسهٔ تحقیقات برنج کشور، بخاردهی شدند. این دستگاه استوانه‌ای شکل و شامل دو بخش پایینی و بالایی است. در این دستگاه آب با المنت برقی تعبیه شده در بخش پایینی، به جوش می‌آید و بخار حاصل تحت فشار اتمسفر با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس از کف توری و لوله‌های حفره‌دار مرکزی بخش فوقانی دستگاه به شلتوک انتقال داده می‌شود. نمونه‌های حاصل از بخاردهی پس از گذراندن دورهٔ استراحت به مدت ۴ ساعت، با دمای ۱±۴۳ درجه سلسیوس با خشک‌کن آزمایشگاهی تا رسیدن به رطوبت ۱۰-۹ درصد خشک شدند. پس از آن، درصد رطوبت، مقاومت خمشی[1]، کیفیت تبدیل (درصد برنج سالم) و رنگ نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رطوبت شلتوک

رطوبت نمونه‌های شلتوک (بر مبنای تر) قبل و پس از خشک‌کردن با رطوبت‌سنج مدل GMK-303 ساخت کشور کره اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری مقاومت خمشی

مقاومت خمشی دانه به روش آزمون خمش سه‌نقطه‌ای[2] با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (شکل ۱) ارزیابی شد. برای اجرای آزمون، ابتدا ۲۰ شلتوک خشک‌شده از هر تیمار انتخاب شد. پوستهٔ اولیه با دست جدا شد تا از ایجاد تنش مکانیکی و ترک جلوگیری شود. عرض و ضخامت برنج‌های قهوه‌ای حاصل با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. با استفاده از دستگاه سختی‌سنج مجهز به نیروسنج مدل Utron FG 5020 ساخت تایوان با دقت ۰/۰۱ ± نیوتن، میزان نیروی مورد نیاز برای شکسته شدن دانه‌ها ثبت شد. برای محاسبهٔ مقاومت خمشی از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده شد (ASAE., 2008):

$$\delta = \frac{FLC}{4I} \quad (۱)$$

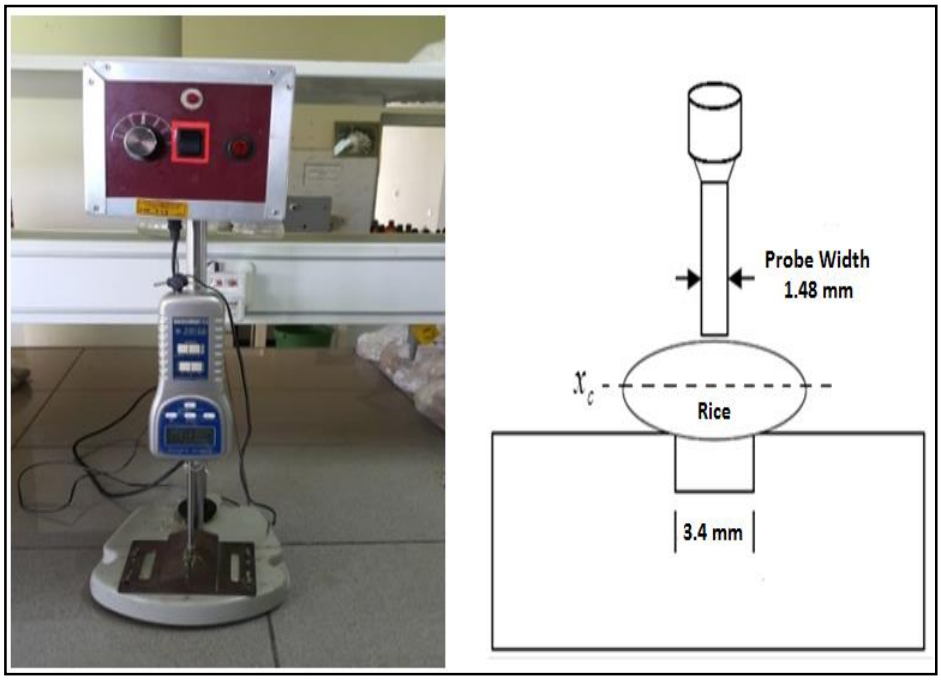
$$I = 0.0049B \times D^3 \quad (۲)$$

که در آنها،

σ = مقاومت خمشی (پاسکال)؛ F = حداکثر نیروی خمش (نیوتن)؛ L = فاصله بین تکیه‌گاه‌های پایین دستگاه (متر)؛ C = نصف ضخامت دانه؛ I = ممان اینرسی در محور xc (m^4)؛ B= عرض دانه؛ و D= ضخامت دانه.

1- Bending strength

2- Three bending point



شکل ۱- دستگاه بافت سنج و پروب ویژه تعیین مقاومت خمشی دانه

درصد برنج سالم[1]

برای تبدیل شلتوک به برنج سفید با سیستم اصطکاکی، ۱۵۰ گرم شلتوک خشک‌شده انتخاب و پوستهٔ اولیهٔ نمونه‌ها با دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی آزمایشگاهی ساتاکه[2] جدا شد. برای جداسازی سبوس مخلوط خروجی به‌دست‌آمده از دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی (حدود ۱۰ درصد شلتوک و ۹۰ درصد برنج قهوه‌ای)، از سفیدکن آزمایشگاهی نوع اصطکاکی، مک گیل شماره ۲ (Mac Gill No 2) استفاده شد. پس از عملیات پوست‌کنی و جداسازی سبوس، برنج‌های سفید سالم با الک دوار آزمایشگاهی ایندنت ساخت شرکت ساتاکه ژاپن از برنج‌های شکسته جدا شدند. برنج سالم به برنجی گفته می‌شود که طول آن حداقل سه‌چهارم طول دانهٔ برنج سفید کامل باشد (Thakur & Gupta, 2006, Wimberly, 1983). درصد برنج سالم، بر اساس نسبت وزن برنج سفید سالم (گرم) به وزن کل برنج سفید با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$HR (\%) = HR/WR*100 \quad (۳)$$

که در آن،

HR= وزن برنج سالم (گرم)؛ و WR= وزن برنج سفید (گرم).

سنجش رنگ

برای سنجش درجهٔ سفیدی دانهٔ برنج از دستگاه سفیدی‌سنج مدل ۱۰۰- C ساخت ژاپن استفاده شد. دستگاه بر اساس تابش نور و انعکاس آن کار می‌کند. برای سنجش رنگ از دستگاه Colour flex، مدل ۴۵ ساخت امریکا استفاده شد. شاخص‌های رنگ شامل L (تاریکی/ روشنایی)، a (قرمزی/ سبزی) b (زردی/ آبی) هستند.

آنالیز آماری

در این تحقیق، از آزمایش دو فاکتوره در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. دو فاکتور شامل

1- Head rice percentage
2- Satake

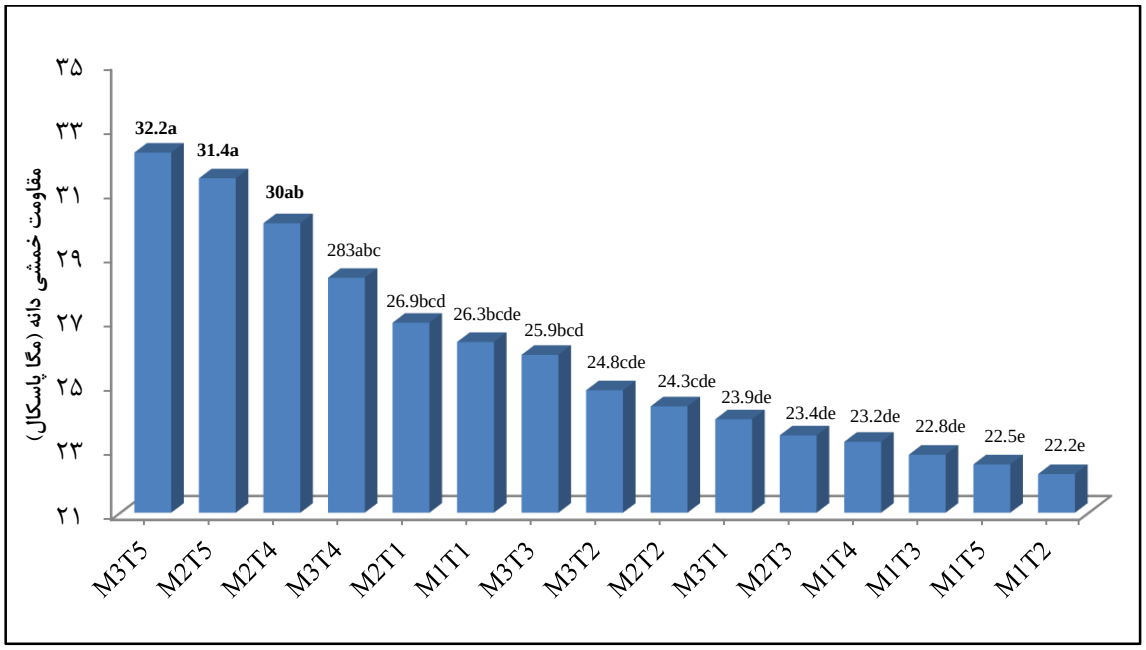
رطوبت اولیه در سه سطح (۱۴، ۱۷ و ۲۰ درصد) و مدت زمان بخاردهی در ۵ سطح (بدون بخاردهی و ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) در نظر گرفته شد. مقایسهٔ میانگین‌ها به روش توکی در سطح احتمال ۵ درصد تجزیه شدند. کلیهٔ آزمون‌ها در سه تکرار اجرا و برای آنالیز آماری از نرم‌افزار Minitab و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مقاومت خمشی و درصد برنج سالم

همان‌گونه که در شکل ۲ دیده می‌شود شلتوک بخاردهی شده به مدت ۳۰ دقیقه با رطوبت اولیهٔ ۲۰ درصد بیشترین مقاومت خمشی (۳۲/۲ مگاپاسکال) و شلتوک بخاردهی شده به مدت ۵ دقیقه با رطوبت اولیهٔ ۱۴ درصد کمترین مقاومت خمشی (۲۲/۲ مگاپاسکال) را داشته‌اند. علاوه بر آن، اگرچه بخاردهی به مدت ۳۰ دقیقه توانست مقاومت بیشتری در شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۲۰ درصد نسبت به شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۷ درصد ایجاد کند، اما این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌داری نیست. درواقع، بخاردهی شلتوک با رطوبت اولیهٔ بالاتر عامل مؤثری در ژلاتینی‌شدن بیشتر نشاسته و ترمیم ترک‌های موجود در دانه و در نتیجه ایجاد مقاومت در آن بوده است. به‌طورکلی، به‌رغم نوسان‌های اندک مشاهده‌شده در نتایج شکل ۲، بخاردهی شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۴ درصد در دامنهٔ زمانی ۵ تا ۳۰ دقیقه، عامل مؤثری در کاهش مقاومت دانه نسبت به تیمار شاهد (MIT1) است. این کاهش می‌تواند به جذب رطوبت طی بخاردهی، ایجاد ترک در دانه و گسترش آن طی نگهداری قبل از تبدیل ارتباط داشته باشد. ترک در دانه باعث شده است برخی از دانه‌هایی که به طور تصادفی انتخاب شده بودند به هنگام اندازه‌گیری مقاومت خمشی، نیروی کمتری تحمل کنند و به‌راحتی شکسته شوند. نتایج تحقیقات گوجرال و کومار (Gujral & Kumar,2003) در موضوع بخاردهی شلتوک تحت‌فشار اتمسفر نیز نشان می‌دهد این روش رسیدگی تسریع یافته باعث افزایش سختی دانه می‌شود. این محققان افزایش سختی را به پر شدن حفره‌های هوایی و ترمیم ترک‌های موجود در دانه در اثر ژلاتینی‌شدن ارتباط می‌دهند.

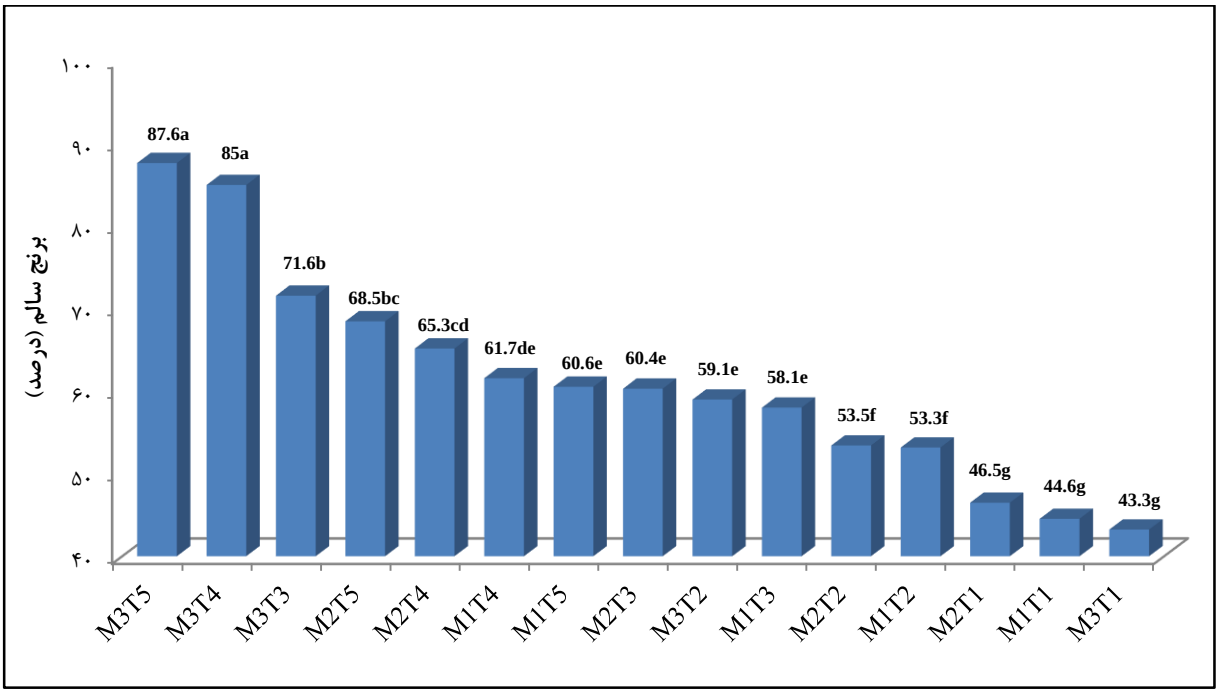
نتایج تحقیقات این دو محقق نشان می‌دهد دانه با رطوبت اولیهٔ بالاتر به دلیل ژلاتینی‌شدن بیشتر نسبت به دانه با رطوبت اولیهٔ پایین‌تر، سختی بالاتری دارد. سودهی و همکاران (Sodhi *et al.*, 2003) نیز افزایش سختی برنج دو سال انبار شده را گزارش کرده‌اند. نتایج تحقیق لطیفی (Latifi, 2017) نیز نشان دهندهٔ اثر مثبت بخاردهی بر افزایش سختی برخی از ارقام برنج ایرانی است.



شکل ۲- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رطوبت اولیهٔ شلتوک و مدت زمان بخاردهی بر مقاومت خمشی دانه، M1= رطوبت اولیهٔ ۱٤ درصد، M2= رطوبت اولیهٔ ۱۷ درصد، M3 = رطوبت اولیهٔ ۲۰ درصد، T1 = بدون بخاردهی، T2 = بخاردهی ۵ دقیقه، T3 = بخاردهی ۲۰ دقیقه، T4 = بخاردهی ۲۰ دقیقه و T5 = بخاردهی ۳۰ دقیقه، میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

در شکل ۳ دیده می‌شود که بیشترین درصد برنج سالم تولیدی در شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۲۰ **درصد**، بخاردهی شده به مدت ۲۰ و ۳۰ دقیقه است. کمترین مقدار برنج سالم در کلیهٔ رطوبت‌های اولیه (۱۴، ۱۷ و ۲۰ درصد) در شلتوک‌های شاهد (بدون بخاردهی) دیده می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که بخاردهی شلتوک با رطوبت اولیهٔ پایین (۱۴ درصد) به مدت ۲۰ و ۳۰ دقیقه نتوانسته است برنج سالم تولیدی را به آن اندازه افزایش دهد که شلتوک‌های با رطوبت‌های اولیهٔ بالاتر (۱۷ و ۲۰ درصد) افزایش داده‌اند (شکل ۳). همان‌گونه که پیشتر گفته شد، دلیل این امر می‌تواند به ترک‌های ایجادشده در دانه در اثر جذب رطوبت در مرحلهٔ بخاردهی و ترمیم نیافتن ترک‌های موجود در دانه به‌واسطهٔ رطوبت اولیهٔ پایین دانه و ژلاتینی‌شدن جزئی آن مرتبط باشد.

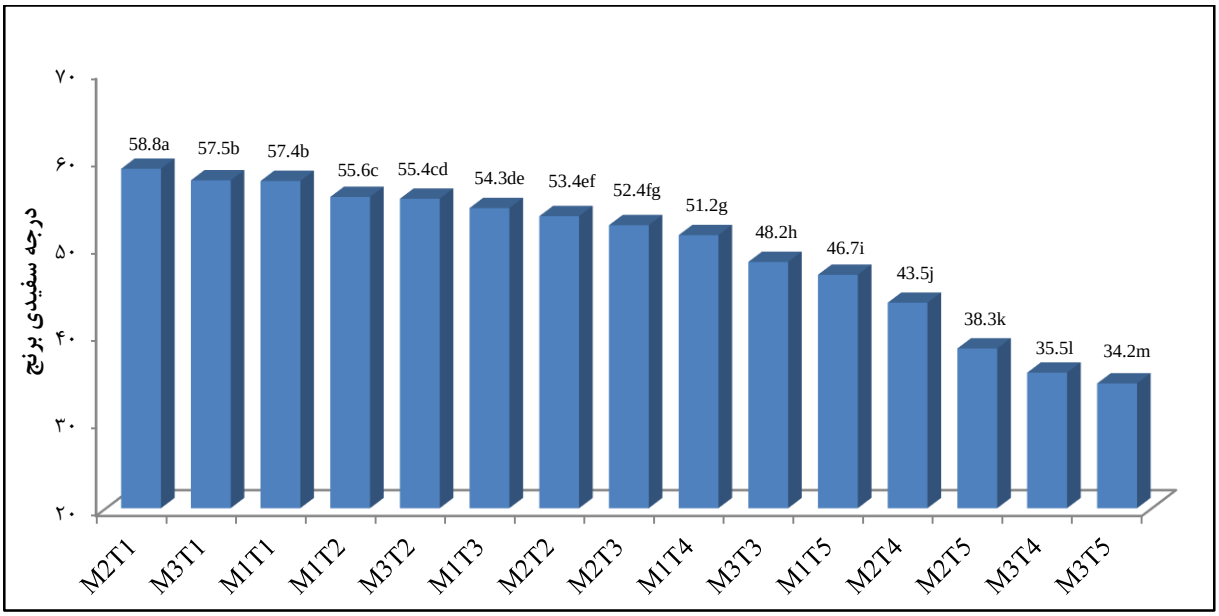
پیسیتکول و همکاران (Pisithkul *et al.*, 2010) در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند و گزارش دادند اگرچه به‌کارگیری روش‌های رسیدگی تسریع‌یافته دارای اثرهای مثبتی است اما در پاره‌ای از موارد چنانچه دانه برنج به‌طور کامل ژلاتینی نشود، در مرحله تبدیل می‌تواند به کاهش برنج سالم تولیدی بینجامد.



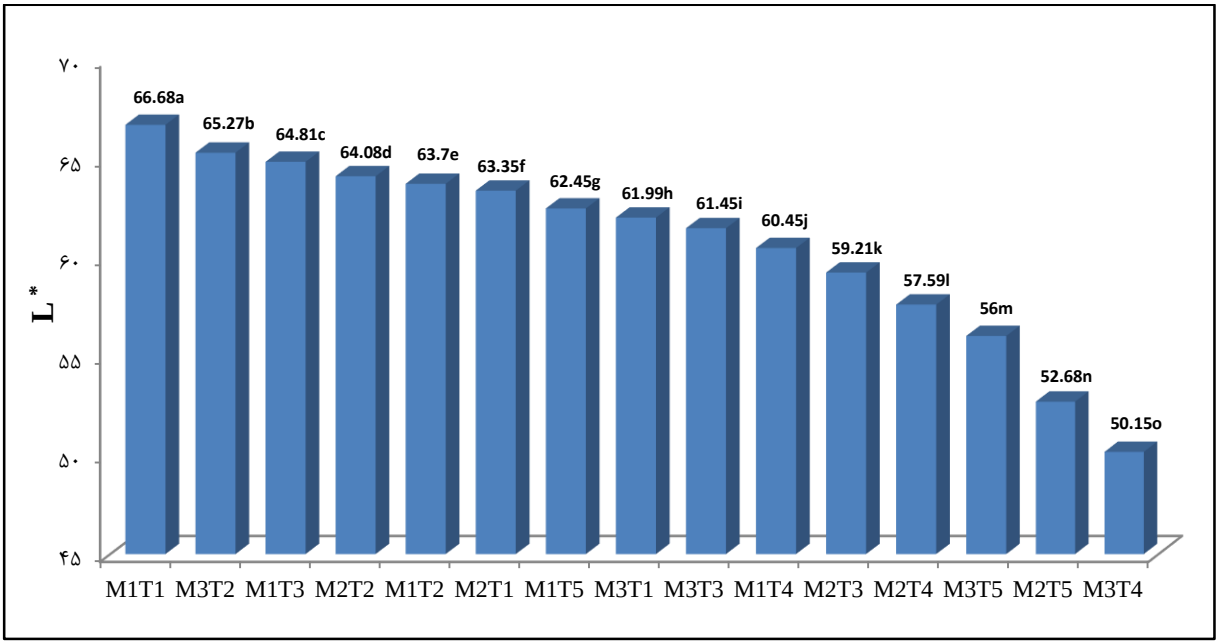
شکل ۳- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رطوبت اولیهٔ شلتوک و مدت زمان بخاردهی بر برنج سالم (درصد)، M1= رطوبت اولیهٔ ١٤ درصد، M2= رطوبت اولیهٔ ۱۷ درصد، M3 = رطوبت اولیهٔ ۲۰ درصد، T1 = بدون بخاردهی،T2 = بخاردهی ۵ دقیقه، T3 = بخاردهی ۲۰ دقیقه، T4 = بخاردهی ۲۰ دقیقه و T5 = بخاردهی ۳۰ دقیقه، میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

نتایج رنگ برنج

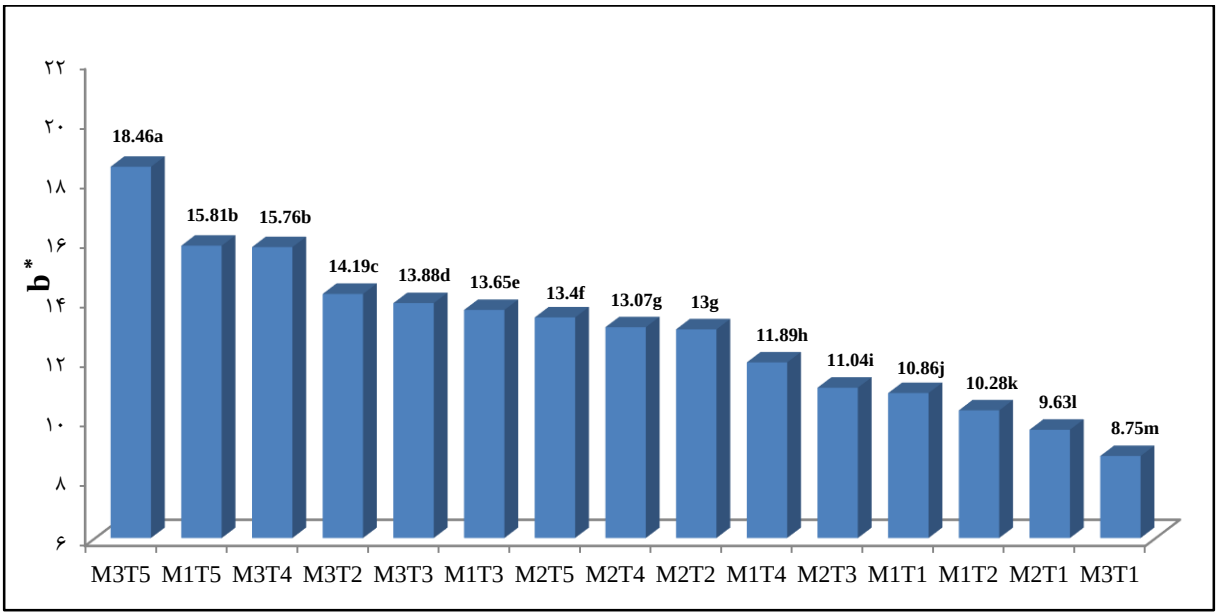
تغییر رنگ برنج در اثر نیم‌جوش کردن و بخاردهی یکی از عوامل مهمی است که در بازارپسندی و پذیرش برنج توسط مصرف‌کنندگان ایرانی نقش به‌سزایی دارد. به‌طورکلی، اثر برهمکنش رطوبت اولیهٔ شلتوک و مدت‌زمان بخاردهی بر درجهٔ سفیدی برنج نشان می‌دهد با افزایش توأم رطوبت اولیه و مدت‌زمان بخاردهی، درجهٔ سفیدی برنج در سطح ۵ درصد به‌طور چشمگیر کاهش می‌یابد (شکل ۴). بیشترین درجهٔ سفیدی به نمونه‌های شاهد و کمترین آن به نمونه‌های با رطوبت اولیهٔ ۲۰ درصد و بخاردهی ۲۰ و ۳۰ دقیقه اختصاص دارد. روشنایی یا سفیدی (L) و زردی (b) مهم‌ترین شاخص رنگ برنج نیم‌جوش هستند (Patindol *et al.*, 2008, Islam & Shimura, 2002). در شکل ۵ دیده می‌شود بخاردهی اثر معکوسی بر کیفیت رنگ و روشنایی برنج دارد. روشنایی یا سفیدی برنج با افزایش مدت‌زمان بخاردهی، به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. به‌طورکلی، به‌رغم نوسان‌های مشاهده‌شده در نتایج، اثر برهمکنش رطوبت اولیه و مدت‌زمان بخاردهی بر شاخص روشنایی برنج سفید در سطح ۵ درصد معنی‌داری است و نمونهٔ شاهد (بدون تیمار حرارتی با رطوبت اولیهٔ پایین) بیشترین روشنایی دارد. تیمارها با رطوبت‌های اولیهٔ ۱۷ و ۲۰ درصد با مدت‌زمان بخاردهی ۳۰ و ۲۰ دقیقه، کمترین مقدار را دارند (شکل ۵). به‌طورکلی، بیشترین مقدار شاخص زردی برنج (b) به تیمار شلتوک با رطوبت اولیه ۲۰ درصد، بخاردهی شده به مدت ۳۰ دقیقه و مقدار کمتر آن به تیمارهای بدون بخاردهی اختصاص دارد (شکل ۶).



شکل ٤- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رطوبت اولیهٔ شلتوک و مدت زمان بخاردهی بر درجهٔ سفیدی برنج، M1= رطوبت اولیهٔ ١٤ درصد، M2= رطوبت اولیهٔ ١٧ درصد، M3 = رطوبت اولیهٔ ٢٠ درصد، T1 = بدون بخاردهی، T2 = بخاردهی ٥ دقیقه، T3 = بخاردهی ٢٠ دقیقه، T4 = بخاردهی ٢٠ دقیقه و T5 = بخاردهی ٣٠ دقیقه، میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد هستند



شکل ٥- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رطوبت اولیهٔ شلتوک و مدت زمان بخاردهی بر شاخص روشنایی رنگ برنج (L)، M1= رطوبت اولیهٔ ١٤ درصد، M2= رطوبت اولیهٔ ١٧ درصد، M3 = رطوبت اولیهٔ ٢٠ درصد، T1 = بدون بخاردهی، T2 = بخاردهی ٥ دقیقه، T3 = بخاردهی ٢٠ دقیقه، T4 = بخاردهی ٢٠ دقیقه و T5 = بخاردهی ٣٠ دقیقه، میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد هستند



شکل ٦- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل رطوبت اولیهٔ شلتوک و مدت زمان بخاردهی بر شاخص زردی رنگ برنج (b*)، M1= رطوبت اولیهٔ ١٤ درصد، M2= رطوبت اولیهٔ ١٧ درصد، M3 = رطوبت اولیهٔ ٢٠ درصد، T1 = بدون بخاردهی، T2 = بخاردهی ٥ دقیقه، T3 = بخاردهی ٢٠ دقیقه، T4 = بخاردهی ٢٠ دقیقه و T5 = بخاردهی ٣٠ دقیقه، میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد هستند

تقی‌نژاد و همکاران (Taghinezhad *et al.*, 2016) و اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2002) در تحقیقات خود کاهش شاخص روشنایی در اثر نیم‌جوش کردن برنج را گزارش کرده‌اند. اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2002) کاهش شاخص روشنی برنج نیم‌جوش را به بخاردهی طولانی مدت و به‌کارگیری دمای بالا ارتباط دادند. باتاچاریا (Bhattacharya, 2004) و لامبرتز و همکاران (Lamberts *et al.*, 2006) بر اساس تحقیقات خود، رنگ زرد روشن تا کهربایی ایجاد شده در برنج نیم‌جوش شده را به واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی میلارد و انتقال رنگدانه‌های موجود در لایه‌های خارجی (پوسته و سبوس) به آندوسپرم طی خیساندن، ارتباط دادند. میلارد در اثر واکنش بین گروه‌های کربونیل قندهای احیاکننده و گروه‌های آمین آزاد اسیدهای آمینه رخ می‌دهد (Malgorzata *et al.*, 2016) افزایش مقدار قندهای احیاکننده، اسیدهای آمینه و ایزومریزاسیون گلوکز به فروکتوز در اثر واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی میلارد از عوامل تغییر رنگ در برنج نیم‌جوش به شمار می‌آیند. تراکم قندهای احیاکننده، قندهای گلوکز و فروکتوز بستگی به شدت نیم‌جوش کردن دارد. اندک بودن مقدار ٥- هیدروکسی متیل ٢- فورآلدئید نشانهٔ نیم‌جوش کردن ملایم و تغییر رنگ کمتر و مقدار بیشتر آن بیانگر نیم‌جوش کردن شدید و تغییر رنگ بیشتر در محصول نهایی است (Lamberts *et al.*, 2008). موارد فوق، تغییر رنگ بیشتر مشاهده شده در برنج‌های بخاردهی شده به مدت طولانی‌تر (٣٠ دقیقه) در تحقیق اخیر را توجیه می‌کند. لامبرتز و همکاران (Lamberts *et al.*,2006) نشان دادند روش خیساندن تأثیر اندکی بر تغییر رنگ آنزیمی برنج‌های نیم‌جوش شده دارد. این محققان می‌گویند تغییر در قندهای احیا کننده و از بین رفتن اسیدهای آمینهٔ آلفا بیانگر این است که

واکنش غیرآنزیمی میلارد بیشتر در مرحلهٔ بخاردهی برنج اتفاق می‌افتد. اندازه‌گیری سطوح شناساگر واکنش میلارد نیز رخداد قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی میلارد را در لایه‌های سبوس و آندوسپرم برنج طی بخاردهی تائید می‌کند. همان‌گونه که در شکل ۷ دیده می‌شود، در هر دو شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۷ و ۲۰ درصد، با افزایش مدت زمان بخاردهی از ۲۰ به ۳۰ دقیقه، تغییر رنگ در برنج محسوس است. تغییر رنگ در شلتوک با رطوبت اولیهٔ بالاتر، بیشتر از تغییر رنگ در شلتوک با رطوبت اولیهٔ پایین‌تر است. درواقع، رطوبت عامل تشدید کننده در تغییر رنگ محصول نهایی است.

شکل ۷- رنگ برنج شاهد (بدون بخاردهی) و برنج بخاردهی شده

نتیجه‌گیری

امروزه در مناطق شمالی ایران معمولاً از کمباین‌های مخصوص برنج در مرحله برداشت استفاده می‌شود. رطوبت اولیهٔ شلتوک‌های برداشت شده با این روش بالاست. با توجه به نتایج این تحقیق به منظور کاهش ضایعات و تعدیل اثر نامطلوب قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی، انتخاب مدت‌زمان بخاردهی به‌ویژه برای شلتوک با رطوبت اولیهٔ بالا اهمیت خاصی دارد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد به‌کارگیری روش بخاردهی با افزایش برنج سالم تولیدی نقش مؤثری بر کاهش ضایعات دارد. به‌طورکلی، با افزایش رطوبت اولیهٔ شلتوک از ۱۴ به ۲۰ درصد و طولانی‌تر شدن مدت‌زمان بخاردهی از ۵ به ۳۰ دقیقه، مقاومت خمشی دانه و برنج سالم تولیدی به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. از آنجایی‌که رنگ برنج یکی از عوامل محدودکننده در بازارپسندی این محصول به شمار می‌آید و با اینکه شلتوک بخاردهی شده با رطوبت اولیهٔ ۱۷ و ۲۰ درصد به مدت ۳۰ دقیقه بیشترین مقاومت خمشی و برنج سالم تولیدی را دارند، اما به دلیل

ایجاد رنگ نامطلوب در فرآوردهٔ نهایی، بخاردهی به مدت ۱۰ دقیقه برای شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱±۲۰ درصد و بخاردهی به مدت ۲۰ دقیقه برای شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱±۱۷ درصد برای رقم پر محصول گوهر پیشنهاد می‌شود .

تعارض منافع

نویسندگان در رابطه با انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از اخلاق نشر تبعیت کرده و از موارد سوء اخلاق از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Archana, Singh, G., and Pandey, J. P. 2007. Effect of accelerated aging treatments on physico-chemical characteristics of'Basmati'and non-'Basmati'rice. Journal of Food Science and Technology-Mysore. 44(4): 443-445.

ASAE. 2008. ASAE Standards S459 Shear and three point bending test of animal bone. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI,

Bhattacharya, K.R. 2004. Parboiling of rice. *in* Champagne, E. T. (Ed.). Rice Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists Inc, St. Paul, MN. pp. 329–404.

Bhattacharya, K. R. 2011. Rice Quality: A Guide to Rice Properties and Analysis. Elsevier.

Corrêa, P. C., Da Silva, F. S., Jaren, C., Júnior, P. A., and Arana, I. 2007. Physical and mechanical properties in rice processing. Journal of Food Engineering. 79(1), 137-142.

Demuyakor, B., Dogbe, W., and Owusu, R. 2013. Parboiling of paddy rice, the science and perceptions of it as practiced in Northern Ghana. International Journal of Scientific & Technology Research. 2(4): 13-18.

Ejebe, F., Danbaba, N., and Ngadi, M. 2015. Effect of steaming on physical and thermal properties of parboiled rice. European International Journal of Science and Technology. 4(4): 71-80.

Gujral, H. S., and Kumar, V. 2003. Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice. Journal of Food Engineering. 59(2-3), 117-121.

Gujral, H. S., Singh, J., Sodhi, N. S., and Singh, N. 2002. Effect of milling variables on the degree of milling of unparboiled and parboiled rice. International Journal of Food Properties. 5(1): 193-204.

Ibukun, E. O. 2008. Effect of prolonged parboiling duration on proximate composition of rice. Scientific Research and Essays. 3(7): 323-325.

Islam, M. R., Shimizu, N. and Kimura, T. 2002. Effect of processing conditions on thermal properties of parboiled rice. Food Science and Technology Research. 8(2): 131-136.

Jaisut, D., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W., Tungtrakul, P. and Soponronnarit, S. 2009. Accelerated aging of jasmine brown rice by high-temperature fluidization technique. Food Research International. 42(5-6): 674-681.

Juliano, B. O. and Duff, B. 1991. Rice grain quality as an emerging priority in National rice breeding programmes. Rice grain marketing and quality issues. Los Banos, Laguna. IRRI. 55-64.

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. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54(26): 9924-9929.

Lamberts, L., Rombouts, I., Brijs, K., Gebruers, K. and Delcour, J. A. 2008. Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. Food Chemistry. 110(4): 916-922.

Latifi, A. 2017. Effect of accelerated aging on physicochemical properties of two varieties of Iranian rice. PhD dissertation. Urmia University.

Latifi, A. and Alizadeh, M.R. 2014. Effect of parboiling on qualities and milling of Iranian rice. Journal of Agricultural and Engineering Research. 15: 77-88 (in Perisan).

Małgorzata, W., Konrad, P. M. and Zieliński, H. 2016. Effect of roasting time of buckwheat groats on the formation of Maillard reaction products and antioxidant capacity. Food Chemistry. 196, 355-358.

Marshall, W. E., Wadsworth, J. L., Verma, L. R. and Velupillai, L. 1993. Determining the degree of gelatinization in parboiled rice: comparison of a subjective and an objective method. Cereal Chemistry. 70, 226-230.

Miah, M. K., Haque, A., Douglass, M. P. and Clarke, B. 2002. Parboiling of rice. Part I: Effect of hot soaking time on quality of milled rice. International Journal of Food Science & Technology. 37(5): 527-537.

Mir, S. A. and Bosco, S. J. D. 2013. Effect of soaking temperature on physical and functional properties of parboiled rice cultivars grown in temperate region of India. Food and Nutrition Sciences. 4(03), 282, 288.

Nguyen, T. Q. and Goto, K. 2008. Assessment Study of the Effects of Heat Shock Treatment on Rice Quality during Storage. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery. 70(3): 49-57.

Pan, Z., Khir, R., Godfrey, L. D., Lewis, R., Thompson, J. F. and Salim, A. 2008. Feasibility of simultaneous rough rice drying and disinfestations by infrared radiation heating and rice milling quality. Journal of Food Engineering. 84(3): 469-479.

Parnsakhorn, S. and Noomhorm, A. 2008. Changes in physicochemical properties of parboiled brown rice during heat treatment. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. E-journal. Manuscript FP08 009. 20 pages.

Patindol, J., Newton, J. and Wang, Y. J. 2008. Functional properties as affected by laboratory-scale parboiling of rough rice and brown rice. Journal of Food Science. 73(8): E370-E377.

Pisithkul, K., Jongkaewwattana, S., Wongpornchai, S., Tulyathan, V. and Meechoui, S. 2010. Partial characterization of rice (Oryza sativa L.) cv. Khao Dawk Mali 105 as affected by accelerated aging factors. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences. 9(2): 305-317.

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

Sodhi, N. S., Singh, N., Arora, M. and Singh, J. 2003. Changes in physico-chemical, thermal, cooking and textural properties of rice during aging. Journal of Food Processing and Preservation. 27(5): 387-400.

Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P. and Taechapairoj, C. 2008. Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. Journal of Food Engineering. 85(2): 268-276.

Taghinezhad, E., Khoshtaghaza, M. H., Minaei, S., Suzuki, T. and Brenner, T. 2016. Relationship between degree of starch gelatinization and quality attributes of parboiled rice during steaming. Rice Science. 23(6): 339-344.

Thakur, A. K. and Gupta, A. K. 2006. Two stage drying of high moisture paddy with intervening rest period. Energy Conversion and Management. 47(18-19): 3069-3083.

Wimberly, J. E. 1983. Technical Handbook for the Paddy Rice Postharvest Industry in Developing Countries. International Rice Research Institute.

Food Engineering Research/Vol.19/No.69/Autumn and Winter 2020/P: 43-56

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Effect of Steaming on Bending Strength and Milling Quality of High Yield Rice Variety

K. Tajaddodi- Talab*, F. Alipanah and A. Shahidi

* Corresponding Author: Assistant professor of Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Email: dr2eng@yahoo.com
Received: 14 May 2019, Accepted: 19 January 2020
http://doi: 10.22092/fooder.2019.126280.1220

Abstract

Steaming is a shortened method of processing that is applied to improve the quality of rice. A two factorial experiment in completely randomized design (CRD) was used to investigate the effects of steaming on bending strength, head rice percentage and color of Gohar rice variety. In this study, two selected factors were as follows: initial moisture content (IMC) at 3 levels (14, 17, 20 percent, wet basis) and steaming duration at 5 levels: without steaming (control) and steaming in atmospheric pressure with duration of 5, 10, 20 and 30 min. The results showed that with increasing the steaming duration from 5 to 30 min, bending strength increased from 24.3 Mpa to 31.4 Mpa for paddy with IMC of 17% and from 24.8 to 32.2 Mpa for paddy with IMC of 20%. In both IMC (17 and 20 %), steaming for 30 min led to increase head rice, 47.53% and 49.09 % respectively, compared to control. Rice whiteness decreased and rice yellow index (b) increased. Regarding color changes and for Gohar, the high yield rice variety, steaming for 10 min can be proposed for paddy with IMC of 20±1% and 20 min for paddy with IMC of 17±1%.

Keywords: Steaming, bending strength, high yield variety, head rice.