اثر خیساندن چند مرحله‌ای بر استحکام خمشی شلتوک نیم‌پخت شده

سید مهدی نصیری[۱*]، ناصر صفر رضوی زاده[۲]، مطهره عبدی راد[۳]

۱- عضو هیات علمی بخش مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شیراز

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، بخش مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شیراز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شیراز

* ایمیل نویسنده مسئول: nasiri@shirazu.ac.ir

چکیده

نیم‌پخت کردن یکی از روش‌های آبی- حرارتی است که پس از برداشت و پیش از فرآیندهای خشک‌کردن و پوست‌کنی بر روی شلتوک اعمال می‌گردد. این عملیات نقش موثری در افزایش کیفیت دانه برنج در ذخیره کردن، آسیاب کردن و پختن دارد. در این تحقیق برای انجام فرآیند نیم‌پخت کردن، از دو روش خیساندن معمولی و خیساندن چندمرحله‌ای (پلکانی) استفاده شد. شلتوک‌ها به مدت ۹۰ دقیقه در آب با دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد خیسانده شده و در چهار دوره‌ی زمانی صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه در فشار اتمسفر بخاردهی شدند. مرحله‌ی خشک کردن توسط خشک‌کن هوای گرم با بستر ثابت با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد در خیساندن به روش معمولی، دمای خیساندن و مدت زمان بخاردهی بر استحکام خمشی ارقام طارم و فوجی‌مینوری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در خیساندن چند مرحله‌ای روش خیساندن و مدت زمان بخاردهی بر استحکام خمشی در هر دو رقم اثر معنی‌داری داشت. در مجموع خیساندن چند مرحله‌ای نسبت به خیساندن معمولی تاثیر معنی داری بر استحکام خمشی شلتوک داشت.

کلیدواژه: استحکام خمشی، خیساندن چندمرحله‌ای، شلتوک، نیم پخت کردن

مقدمه

برنج یکی از قدیمی‌ترین و پر مصرف‌ترین محصولات زراعی است و غذای اصلی حدود دو سوم مردم جهان را تشکیل می‌دهد (Shitanda *et al.*, 2002). برنج با نام علمی *Oryza sativa*، جزو دسته‌ی غلات و از تیره گندمیان می باشد. طبق بررسی‌های انجام شده مبدأ اولیه‌ی برنج قاره‌ی آسیا و کشور هندوستان بوده است. این گیاه از طریق هندوستان به سایر نواحی مستعد آسیا مانند چین و ژاپن برده شد (خدابنده، ۱۳۸۲).

فرآوری شلتوک دارای مراحل مختلفی شامل تمیز کردن، خشک کردن، پوست کنی، سفید کردن و درجه بندی است (Shitanda *et al.*, 2002). درحین فرآوری، دانه برنج دچار صدمه می شود که میزان آسیب وارده به آن بستگی به خواص فیزیکی و مکانیکی دانه ها دارد (Corrêa *et al.*, 2007).

یکی از روش‌های کاهش ضایعات انجام فرآیند نیم‌پخت کردن است. نیم‌پخت کردن یک روش آبی- حرارتی است که شامل خیساندن، بخاردهی و خشک‌کردن می‌باشد. برنج نیمپخت شده از شلتوکی تهیه می‌شود که قبل از خشک کردن و آسیاب کردن در آب گرم عمل آوری شده است. این عمل آوری خاص گرمایی، نیم پخت شدن نامیده می شود. در طول مدت نیم پخت کردن دانه ها، نشاسته گرانوله داخل برنج به صورت ژلاتینی در آمده و در نتیجه تغییرات فیزیکی در برنج اتفاق می افتد که نقش مهمی در روند عملیات بعدی از جمله ذخیره کردن، آسیاب کردن، انتقال و پختن ایفا می‌کند (Islam *et al.*, 2004).

نیم پخت کردن با هدف بهبود کیفیت آسیابانی، ویژگی های تغذیه ای و خواص فیزیکی برنج انجام می شود. علاوه بر این، این روش عملکرد بالاتر برنج سالم و کاهش نرخ تولید دانه های شکسته را به دنبال دارد. تغییرات فیزیکی و شیمیایی در طول فرایند نیم‌پخت کردن باعث ژلاتینه شدن نشاسته در دانه ی برنج شده و ثبات بهتر و سختی بیشتری را در دانه فراهم می آورد، به نحوی که در طی مرحله ی آسیابانی، عملکرد برنج سالم بیشتری حاصل می شود و در مرحله ی صیقلی کردن نیز مواد مغذی کم تری از بین می‌رود (Bhattacharya, 1985).

درجه حرارت و مدت زمان نیم‌پخت کردن بر سختی دانه‌ی برنج تاثیر قابل توجهی دارد (Pillaiyar and Mohandoss, 1981). با افزایش زمان بخاردهی سختی برنج زیاد می‌شود (Kar *et al.*, 1999). هم‌چنین با نیم‌پخت کردن می‌توان مقاومت کششی نهایی (حدود چهار تا پنج برابر) و مدول الاستیسیته دانه‌ی برنج را افزایش داد. این افزایش مقادیر مقاومت با مدت زمان بخاردهی و درجه ژلاتینه شدن نشاسته رابطه مستقیمی دارد (Saifullah *et al.*, 2004). افزایش مقاومت دانه‌ی برنج نیم‌پخت شده باعث کاهش شکستگی در حین آسیابانی می‌شود. با این وجود گزارش شد که نیم‌پخت کردن با دما و مدت زمان خیساندن نامناسب ضمن افزایش ترک‌های سطحی در دانه، مقاومت آن به شکست را کاهش می‌دهد (نصیری و همکاران، ۱۳۹۲).

نیم‌پخت کردن با وجود مزایای زیاد در صنایع غذایی فرآوری برنج، در ایران توسعه نیافته و تحقیقات موثری در زمینه‌ی بررسی شرایط و روش‌های مناسب صورت نگرفته است. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر یک روش جدید نیم پخت کردن بر استحکام خمشی ارقام طارم و فوجی‌مینوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شلتوک مورد مطالعه در این تحقیق، ارقام طارم (دانه بلند) و فوجی‌مینوری (دانه کوتاه) می‌باشد. هم‌زمان با فصل برداشت در نیمه اول شهریور ماه ۱۳۹۳ از شهر کیاسر شهرستان ساری تهیه شد. شلتوک‌ها قبل از عملیات نیم پخت کردن درون یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. کلیه آزمایش ها با محتوای رطوبت اولیه برای رقم طارم حدود ۱۲ و رقم فوجی‌مینوری

۱۳/۵درصد بر مبنای تر، پیش از نیم پخت کردن انجام شد (Soponronnarit *et al*., 2006). به منظور اطمینان یافتن از رسیدن شلتوک به این درصد از رطوبت اولیه، تعیین رطوبت با استفاده از آون طبق استاندارد ASAE انجام شد (Anonymos, 2001).

نیم‌پخت کردن

نیم پخت کردن نمونه‌ها به روش زیر انجام شد:

خیساندن معمولی

پیش از انجام عملیات خیساندن مقدار ۵۰۰ گرم شلتوک از یخچال خارج و تمیز شد و به مدت ۱۲ ساعت در هوای محیط قرار داده شد تا به تعادل دمایی برسد. پس از اطمینان از رطوبت اولیه مورد نظر (۱۲ درصد) نمونه‌ها جداگانه به مدت ۹۰ دقیقه در آب گرم با دماهای مختلف ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. به منظور حفظ دمای خیساندن طی این مدت زمان، نمونه‌ها همراه با ظرف حاوی آب در آون با دمای ثابت نگهداری شد.

خیساندن چند مرحله‌ای

در این روش نمونه‌های شلتوک در چند مرحله (پلکانی) به صورت زیر خیسانده شدند،

۱) نمونه‌ها در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه، دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد ۳۰ دقیقه و دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه (در مجموع ۹۰ دقیقه) قرار داده شدند.

۲) نمونه‌ها در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه و دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه (در مجموع ۹۰ دقیقه) خیسانده شدند.

۳) نمونه‌ها در درمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه و دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه (در مجموع ۹۰ دقیقه) قرار داده شدند.

بخاردهی

بعد از فرآیند خیساندن به منظور تعیین بهترین شرایط برای بخاردهی، نمونه‌ها در چهار دوره‌ی زمانی صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه تحت فشار اتمسفر بخاردهی شدند.

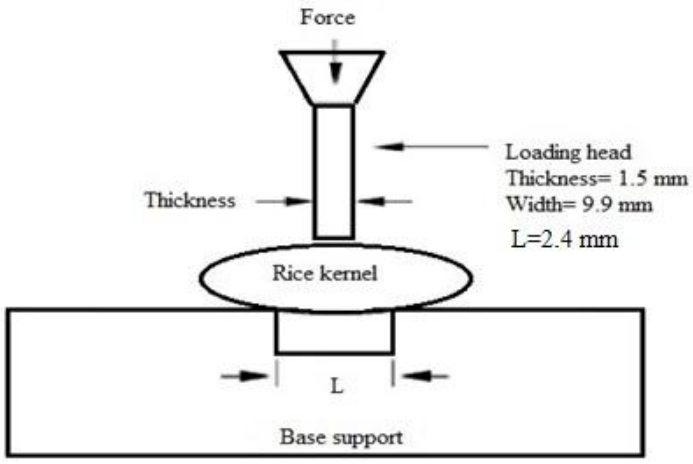
خشک کردن

در نهایت نمونه‌ها با استفاده از خشک کن هوای گرم با بستر ثابت در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد تا رسیدن به محتوای رطوبت نهایی برای رقم طارم ۸/۵ درصد و رقم فوجی‌مینوری ۱۰/۵ درصد (مبنای تر) خشک شدند (Nassiri and Etesami 2015; Sadeghi and Nassiri, 2010).

مقاومت به شکست

اندازه‌گیری نیروی شکست با استفاده از دستگاه اینستران (STM – 20 SANTAM، ساخت ایران) با فک سه نقطه‌ای صورت گرفت. لودسل این دستگاه ساخت شرکت BONGSHIN کشور کره مدل DBBP-50 با ظرفیت بار ۵۰ کیلوگرم بود. به دلیل سختی انجام آزمون مقاومت به کشش برای دانه برنج، بهترین گزینه برای انجام آزمایش‌های آزمون خمشی است (Zhang *et al.*, 2005; Nassiri and Behzadian, 2014). بنابراین از دستگاه اینستران برای آزمون سه نقطه ای استفاده خواهد شد. بدین منظور یک پایه که فاصله بین دو فک آن برابر ۲/۴ میلی‌متر بود متناسب با طول ارقام مورد نظر طراحی و ساخته شد (شکل ۱). ۴۰ دانه شلتوک به طور تصادفی انتخاب و به صورت دستی پوست‌گیری شد. بارگذاری بر روی دانه برنج توسط فک تیغه‌ای دستگاه اعمال گردید. سرعت بارگذاری ۰/۵ میلی متر بر ثانیه انتخاب گردید (Siebenmorgen and Qin, 2005). ثبت و ذخیره داده‌های خروجی به‌وسیله نرم افزار دستگاه صورت گرفت. اثر سطح مقطع مختلف دانه‌های برنج با تبدیل نیروی شکست اندازه‌گیری شده به استحکام خمشی با استفاده از معادله زیر حذف شدند.

$$\sigma = \frac{FL}{0.4\ wt^2}$$



شکل ۱: طرحواره فک استحکام خمشی

تجزیه و تحلیل داده ها

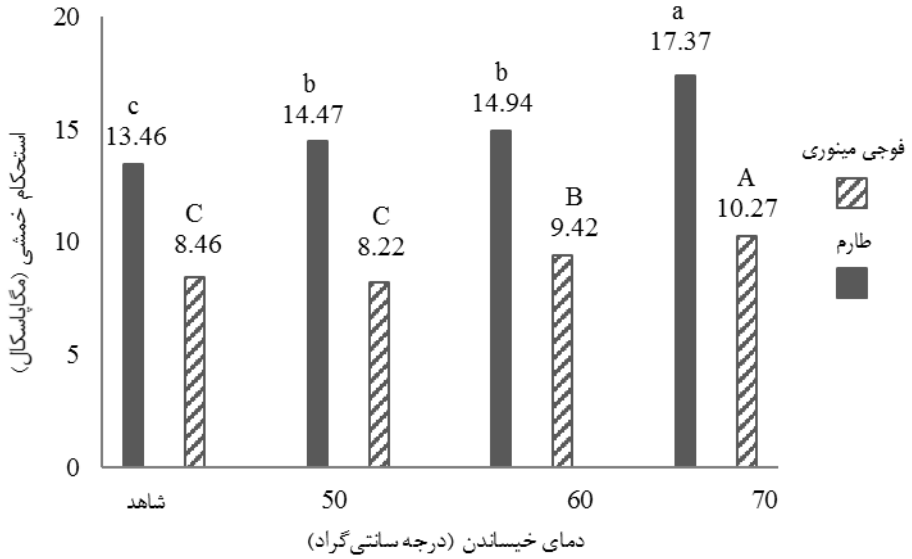
داده‌های بدست آمده با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار تجزیه تحلیل شد. مقایسه میانگین صفات با پس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد مقایسه قرار گرفت و نمودارها با نرم‌افزار EXCEL (نسخه ۲۰۱۳) ترسیم شد.

نتایج و بحث

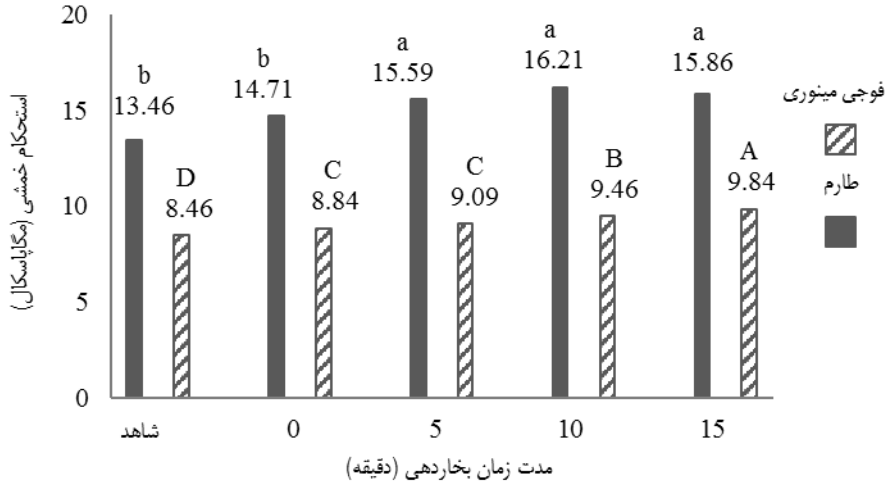
خیساندن معمولی

نتایج تجزیه واریانس استحکام خمشی دانه های برنج در تیمارهای مختلف دمای خیساندن و مدت زمان بخاردهی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان داد. با توجه به شکل‌های ۲ و ۳ برای هر دو رقم با افزایش دمای خیساندن و مدت زمان بخاردهی استحکام خمشی برنج بیشتر شد. استحکام خمشی قبل از نیم‌پخت کردن (شاهد) برای ارقام طارم و فوجی‌مینوری به ترتیب ۱۳/۴۶ و ۸/۴۶ مگاپاسکال بود. با انجام فرآیند نیم‌پخت کردن بیشترین مقدار آن برای ارقام طارم و فوجی‌مینوری به ترتیب ۱۷/۳۷ و ۱۰/۲۷ مگاپاسکال در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در طول بیشترین درجه ژلاتینه شدن به‌دست آمد. با افزایش دمای خیساندن استحکام خمشی در رقم طارم ۲۰/۰۴ درصد و در رقم فوجی‌مینوری ۲۴/۹۴ درصد افزایش پیدا کرد. هم‌چنین با افزایش مدت زمان بخاردهی از صفر به ۱۵ دقیقه در استحکام دانه‌ها روند صعودی‌ای ایجاد شد به طوری که در ارقام طارم و فوجی‌مینوری به ترتیب ۷/۸۲ و ۱۱/۳۱ درصد دانه‌ها مستحکم‌تر شدند.

تحقیقات نشان داد که با افزایش دوره بخاردهی و کاهش دمای خشک‌کردن به دلیل کاهش تنش‌های رطوبتی و حرارتی اعمال شده بر دانه طی فرآیند خشک شدن نمونه‌ها، افزایش استحکام نیرویی دانه برنج را در پی داشت (Nguyen and Kunze, 1981). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استحکام برنج نیم‌پخت شده به شرایط نیم‌پخت کردن، محتوی رطوبتی بعد از خشک شدن و ژلاتینه شدن نشاسته بستگی دارد (Bhattacharya, 1985; Islam *et al*., 2001; Parnsakhorn and Noomhorm, 2008; Sareepuang *et al*., 2008).



شکل ۲: استحکام خمشی در دماهای مختلف خیساندن



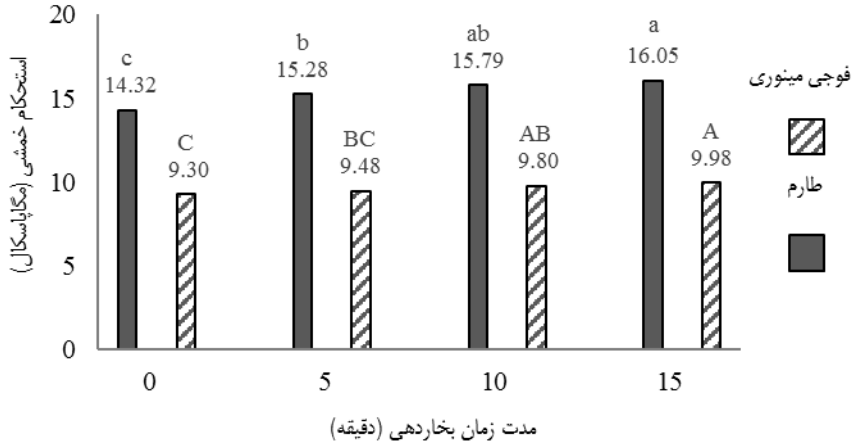
شکل ۳: استحکام خمشی در زمان‌های مختلف بخاردهی

خیساندن چندمرحله‌ای

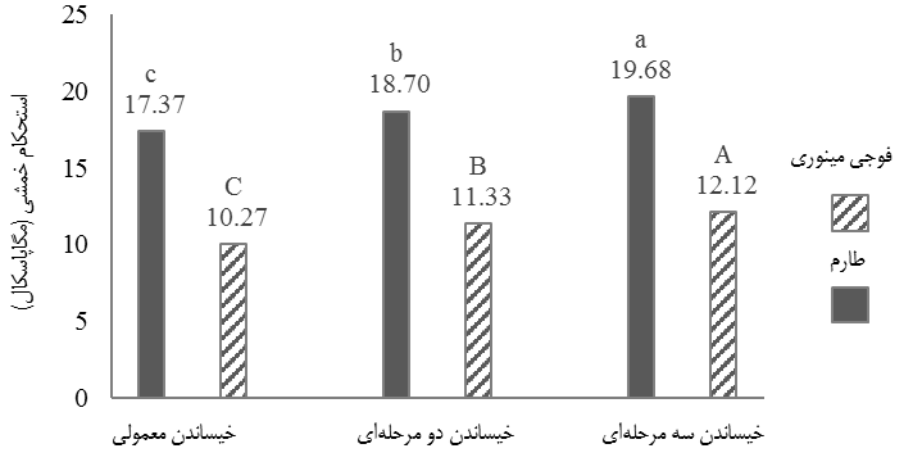
بررسی عامل‌های روش خیساندن و مدت زمان بخاردهی بر استحکام خمشی دانه‌های برنج نیم‌پخت شده حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد دارد. مطابق شکل‌های ۴ تا ۷ در مقایسه‌ی بین روش خیساندن معمولی با روش چند مرحله‌ای برای هر دو رقم مشخص شد که روش چند مرحله‌ای باعث افزایش استحکام خمشی شده است. دلیل این افزایش را می‌توان وارد شدن تنش کمتر به دانه‌ها و بهتر ژلاتینه شدن نشاسته در مرحله‌ی خیساندن بیان کرد. بیشترین استحکام در طول تکمیل شدن نشاسته آندوسپرم در فرآیند نیم‌پخت شدن در دانه‌ها رخ می‌دهد (Ayamdoo *et al*., 2013). در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد روش

خیساندن چند مرحله‌ای استحکام خمشی را در ارقام طارم و فوجی‌مینوری به ترتیب ۵/۶۲ و ۴/۶۷ درصد نسبت بـه روش معمـولی افزایش داد. در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خیساندن دو مرحله‌ای به ترتیب ۷/۶۶ و ۱۰/۲۲ درصد و خیساندن سه مرحلـه‌ای ۱۳/۳۰ و ۱۸/۰۱ درصد نسبت به روش معمولی دانه‌های برنج را مستحکم‌تر کرد.

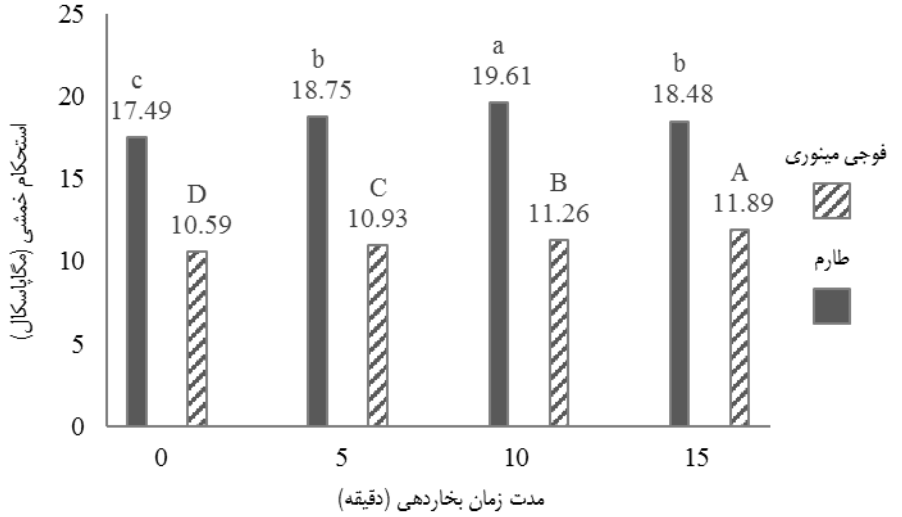
شکل ٤: استحکام خمشی در دو روش خیساندن (در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد)



شکل ٥: استحکام خمشی در زمان‌های مختلف بخاردهی (در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد)



شکل ٦: استحکام خمشی در دو روش خیساندن (در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد)



شکل ۷: استحکام خمشی در زمان‌های مختلف بخاردهی (در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد)

نتیجه‌گیری

با انجام فرآیند نیم‌پخت کردن در ارقام برنج طارم و فوجی‌مینوری استحکام خمشی افزایش یافت. در خیساندن معمولی با افزایش دمای خیساندن و مدت زمان بخاردهی در هر دو رقم استحکام خمشی زیاد شد. هم‌چنین این صفت در خیساندن چند مرحله‌ای با افزایش تعداد مرحله خیساندن و مدت زمان بخاردهی افزایش یافت. در مجموع خیساندن چند مرحله‌ای نسبت به خیساندن معمولی تاثیر بیشتری بر این صفت داشت.

منابع

خدابنده، ن. (۱۳۸۲). غلات. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هفتم.

نصیری، س. م.، شیرزادی فر، ع. م.، شجاعی،ج. (۱۳۹۲). اثر نیم‌پخت کردن بر مقاومت شکست دانه‌ی برنج. هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

Anonymos. 2001. moisture measurement - underground grain and seed. American Society of Agricultural Engineers Standard, 567-568.

Ayamdoo, A., Demuyakor, B., Dogbe, W., Owusu, R., and Ofosu, M. 2013. Effect of varying parboiling conditions on physical qualities of Jasmine 85 and Nerica 14 rice varieties. American Journal Food Technology, 8, 31-42.

Bhattacharya, K. R. 1985. Parboiling of rice. Rice chemistry and technology, 289-348.

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

Islam, M. R., Shimizu, N., and Kimura, T. 2001. Quality Evaluation of Parboiled Rice with Physical Properties. Food Science and Technology Research, 7(1), 57-63.

Islam, M. R., Shimizu, N., and Kimura, T. 2004. Energy requirement in parboiling and its relationship to some important quality indicators. Journal of Food Engineering, 63(4), 433-439.

Kar, N., Jain, R., and Srivastav, P. 1999. Parboiling of dehusked rice. Journal of Food Engineering, 39(1), 17-22.

Nassiri, S. M., and Behzadian, H. 2014. Brittle failure point of two Iranian rice cultivars. 12th Internatonal Conference on Energy and Mechanization in Agriculture.

Nassiri, S. M., and Etesami, S. M. 2015. Energy Use Efficiency of Different Drying Methods for Two Rough Rice Cultivars. Food Science and Technology, 3, 23-28.

Nguyen, C., and Kunze, O. 1984. Fissures related to post-drying treatments in rough rice. Paper-American Society of Agricultural Engineers (USA).

Parnsakhorn, S., and Noomhorm, A. 2008. Changes in physicochemical properties of parboiled brown rice during heat treatment. Agricultural Engineering International: CIGR Journal.

Pillaiyar, P., and Mohandoss, R. 1981. Hardness and colour in parboiled rices produced at low and high temperatures. Journal of food science and technology.

Sadeghi, N., and Nassiri, S. M. 2010. The effect of paddy moisture content on milling losses and post-milling crack development in rice kernel, under different storage conditions. XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR). Quebec city, Canada.

Saifullah, S. M. H., 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.

Sareepuang, K., Siriamornpun, S., Wiset, L., and Meeso, N. 2008. Effect of soaking temperature on physical, chemical and cooking properties of parboiled fragrant rice. World Journal of Agricultural Sciences, 4(4), 409-415.

Shitanda, D., Nishiyama, Y., and Koide, S. 2002. Compressive strength properties of rough rice considering variation of contact area. Journal of Food Engineering, 53(1), 53-58.

Siebenmorgen, T., and Qin, G. 2005. Relating rice kernel breaking force distributions to milling quality. Transactions-American Society of Agricultural Engineers, 48(1), 223.

Soponronnarit, S., Nathakaranakule, A., Jirajindalert, A., and Taechapairoj, C. 2006. Parboiling brown rice using super heated steam fluidization technique. Journal of Food Engineering, 75(3), 423-432.

Zhang, Q., Yang, W., and Sun, Z. 2005. Mechanical properties of sound and fissured rice kernels and their implications for rice breakage. Journal of Food Engineering, 68(1), 65-72.