

تأثیر پیش تیمار فراصوت در خيساندن بر خصوصيات فیزیکی و شیمیایی دو رقم برنج ایرانی

حکیمه قانون نیری^۱، محمد ابونجمی^{۲*}، سارا موحد^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاداسلامی، واحد ورامین - پیشوا

۲. دانشیار، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۳. دانشیار، دانشگاه آزاداسلامی، واحد ورامین - پیشوا

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۲۸)

چکیده

در این تحقیق تأثیر امواج فراصوت قدرتی در سطوح (۸۰۰ و ۱۰۰۰ وات) با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز در زمان‌های ۴۰، ۲۰ و ۶۰ دقیقه بر خواص شیمیایی و فیزیکی دو رقم برنج ندا و طارم بررسی و با روش خيساندن در شرایط کنترل شده دمایی (۴۷ درجه سانتیگراد) مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد حداکثر میزان جذب آب برنج، در تیمار ۶۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰ وات و کم‌ترین میزان جذب آب نیز در تیمار شاهد و با افزایش زمان موج دهی و خيساندن، جذب آب برنج افزایش یافت. بیشترین میزان مواد جامد نامحلول و هدایت الکتریکی در رقم طارم در تیمار ۶۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰ وات و کم‌ترین در تیمار ۲۰ دقیقه خيساندن مشاهده و همچنین بیش‌ترین میزان طول برنج در رقم ندا در تیمار ۲۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰ وات می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد پیش تیمار برنج با کمک امواج فراصوت یک روش موثر خيساندن برنج در مقایسه با روش مرسوم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: فراصوت قدرتی، برنج، جذب آب، مواد جامد نامحلول، هدایت الکتریکی

مقدمه

برنج گیاهی یکساله از خانواده غلات یا *Gramminae* و از جنس "*Oryza sativa L*" می‌باشد. برنج یکی از گیاهان مهم تیره غلات و بعد از گندم جایگاه دوم را از نظر تولید سالانه به خود اختصاص داده و غذای اصلی نیمی از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد (Zamani et al., 2009). نود درصد تولید برنج دنیا در آسیا صورت می‌گیرد و میزان تولید برنج ایران در سال ۲۰۱۰، حدود ۲/۳ میلیون تن با متوسط تولید ۴ تن در هکتار و مقدار متوسط مصرف برنج هر ایرانی ۳۰ کیلوگرم در سال می‌باشد (Jafari et al., 2013).

بر اساس آمار ارائه شده و همچنین مصرف فزاینده برنج در تغذیه ایرانیان، کیفیت پخت برنج و خصوصیات آن از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (Rashidi et al., 2000). به طور کلی نوع و مقدار ترکیبات مواد تشکیل دهنده برنج، خصوصیات کیفی برنج را تعیین می‌کنند بنابراین تغییر در ترکیبات برنج بر خصوصیات کیفی آن موثر خواهد بود.

در میان غلات، شکل ظاهری برنج و درصد شکستگی آن عامل بسیار مهمی از نظر بازارپسندی آن است و از طرفی درصد

شکستگی ارتباط مستقیمی با میزان رطوبت آن در طول فرآیند دارد (چابرا و کاشانی نژاد، ۲۰۰۶). فرآوری برنج یک عملیات مهم در بسیاری از مناطق دنیاست. اکثر روش‌های فرآوری شامل پخت می‌باشند که در آن نشاسته برنج به فرم ژلاتینی تبدیل می‌شود ولی قبل از فرآوری لازم است فرآیندهای هیدروترمالی مثل خيساندن بر روی برنج اعمال گردد (Yeh et al., 1992; Kashani, 1999). خيساندن اولین مرحله در فرآیند نیم پز کردن برنج است که در اثر آن آب به داخل دانه برنج نفوذ کرده و بخشی از ترکیبات آن خارج می‌شود و فرآیند کندی می‌باشد (Bello et al., 2004). این فرآیند به طور عمده یک عمل انتشار به شمار می‌آید که در اثر نفوذ آب، دانه متورم می‌شود. آب به داخل دانه آنقدر نفوذ می‌کند، تا این که فشار بخار آب در داخل دانه از فشار بخار آب جذب شده کمتر شود و هنگامی جریان آب متوقف می‌شود که شرایط تعادل به وجود آید بنابراین آب به درون دانه برنج نفوذ کرده و خروج بخشی از ترکیبات آن هر دو فرآیند تابعی از زمان و درجه حرارت می‌باشند (Chiang et al., 2002; Askari, 2005). باید توجه داشت که خيساندن در محیط، احتمال افزایش فعالیت‌های میکروبی و اثرات نامطلوب بر رنگ، مزه و بو محصول را به همراه دارد. خيساندن در آب گرم یکی از روش‌های متداول برای کاهش زمان مرحله خيساندن است، زیرا با افزایش دما شدت جذب آب نشاسته در حین پخت

دماهای مختلف بر خصوصیات پخت و کیفیت برنج قهوه ای اعلام نمودند که نسبت جذب آب و حجم برنج قهوه ای تیمار شده با این روش در طول پخت افزایش و از طرفی زمان پخت کاهش یافت. برای مثال، (Wambura *et al.*, 2008) فراصوت قدرتی را به عنوان عاملی که باعث کاهش زمان خیساندن برنج شده و سرعت نیمه پز کردن برنج را افزایش می دهد معرفی کردند. براساس تحقیق انجام شده در ژاپن امواج فراصوت میزان جذب آب برنج را بهبود داده و در نتیجه موجب بهبود طعم برنج پخته شده می گردد (Anonymous, 2010).

بر اساس مطالعه (Yildirim *et al.*, 2015) روی نخود، تغییرات در هدایت الکتریکی، مقدار جذب آب و میزان مواد جامد محلول در آب مورد استفاده برای خیساندن نخود با توان های فراصوت متفاوت (۱۰۰-۳۰۰ وات) و در زمان ۲۶۰ دقیقه بررسی و بیان شد که تمام خصوصیات آب مورد استفاده جهت خیساندن دانه های نخود به طور معنی دار تحت تاثیر درجه حرارت و قدرت فراصوت است. به طوری که با افزایش دما و قدرت فراصوت میزان خروج و باز جذب همزمان برخی ترکیبات غذایی افزایش یافت و موجب بهبود کیفیت پخت گردید.

مطالعه (Majzooobi *et al.*, 2014) جهت بررسی تاثیر امواج فراصوت بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نشاسته گندم با توان ۱۰۰ وات و در زمان های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ بر روی سوسپانسیونی از نشاسته (۳۰٪) نشان داد که با افزایش زمان فرایند فراصوت حلالیت در آب، جذب آب نشاسته افزایش یافت.

با توجه به تاثیر امواج فراصوت قدرتی بر روی دیواره سلولی و بافت به طور قابل ملاحظه ای مدت زمان جذب آب را کاهش داده و دارای برتری هایی مانند صرفه جویی در زمان خیساندن و حفظ ارزش تغذیه ای محصول می باشد و از طرفی با توجه به اینکه برنج یکی از اقلام پرمصرف در ایران می باشد که برای افزایش کیفیت پخت آن معمولاً چند ساعت در آب خیسانده می شود در حالی که اطلاع کافی از شرایط مناسب خیساندن وجود ندارد. با توجه به اینکه میزان جذب آب و خصوصیات فیزیکی برنج تابع پارامترهای رقم و زمان خیساندن می باشد، بنابراین اهمیت این پژوهش، یافتن راه حل علمی و مناسب برای خیساندن دانه برنج و کاهش میزان ازدست رفتن مواد تغذیه ای مفید آنها می باشد.

در این پژوهش اثر فرایند فراصوت قدرتی و خیساندن تحت شرایط دمایی کنترل شده بعنوان یک پیش تیمار بر برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی دو رقم پرمحصول برنج کشور (ندا و طارم) که به ترتیب از نوع آمیلوز بالا و آمیلوز پائین هستند مورد بررسی قرار گرفت.

نیز افزایش می یابد. بایستی توجه داشت که درجه حرارت خیساندن کمتر از دما ژلاتینه شدن نشاسته باشد، تا شکستن دانه حبوبات و خروج مواد جامد محلول به حداقل رسد (Abu-Ghannam *et al.*, 1997). معمولاً ترکیبات خارج شده در حین خیساندن شامل قندها، پروتئین های محلول و ترکیبات لیپیدی متصل نشده با نشاسته می باشند (Chiang *et al.*, 2002).

زمان بالای فرآیند خیساندن حبوبات و از دست رفتن مواد تغذیه ای مفید آنها، یکی از مشکلات اصلی صنایع غذایی مرتبط با آن است، به همین دلیل در سال های اخیر با توجه به پیشرفت تکنولوژی، استفاده از روش های نوین در بهبود کیفیت و کاهش زمان فرایندهای مواد غذایی مورد کاربرد قرار گرفته اند. یکی از این روش های نوین استفاده از فرآیند فراصوت قدرتی می باشد. (Ranjbari *et al.*, 2010) این امواج به دلیل اثرات مکانیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی که در مواد غذایی ایجاد می کنند، می توانند فرایندهایی مثل جذب آب و فیلتراسیون، استخراج، امولسیون کردن، همگن سازی، تغییر در ویسکوزیته و ... را بهبود داده و تسهیل بخشند (Majzooobi *et al.*, 2014). امواج فراصوت در فرکانس بیش از ۲۰ کیلوهرتز قرار دارند که از طریق سنجش تأثیر متقابل بین طول موج و ماده، اطلاعاتی در مورد خواص ماده به دست می آید (Isma'ilzadih *et al.*, 2010).

در فراصوت قدرتی توان به کار گرفته شده بیش از ۱ وات بر سانتی متر مربع و کمتر از ۱۰۰ کیلوهرتز بوده و برای فرآوری مواد غذایی در فرایندهایی مانند هموژنیزه کردن، استریل کردن، حرارت دادن، امولسیفیه کردن، مهار فعالیت آنزیم ها و میکروب ها، اکسیداسیون و ... مورد استفاده می باشد (Dolatowski *et al.*, 2007; Ghobadi, 2009). این دسته از امواج فراصوت از طریق ایجاد نیروهای برشی شدید و اعمال فشار و دما قادر به ایجاد تغییر در ویژگی های مواد هستند. برخی از آثار این امواج شامل پدیده ایجاد حفره و نیز ایجاد تنش برشی در نمونه است (Majzooobi *et al.*, 2014). اصولاً امواج فراصوت، سبب حرکت ارتعاشی ملکول های محیط به عقب و جلو، بدون حرکت لایه ها شده و فازهای انقباض و انبساط متناوبی ایجاد می کنند و در نتیجه فشار منفی ایجاد شده، مایع شکسته شده و حباب های حفره سازی را پدید می آورند و در نهایت انفجار این حباب ها سبب ایجاد پیک های دما و فشار و عامل ایجاد آثار مطلوب فراصوت در تسریع فرایندها می باشد (Dolatowski *et al.*, 2007; Ghobadi, 2009).

استفاده از فراصوت قدرتی در فرآوری مواد غذایی هنوز در آغاز راه است و نیاز به تحقیقات فراوان دارد تا کاربرد آن در مقیاس صنعتی گسترش یابد (Ghobadi *et al.*, 2009). در این زمینه (Cui *et al.*, 2010) در بررسی تاثیر تیمار فراصوت در

خیساندن دانه های برنج در شرایط کنترل شده دمایی: برای انجام فرآیند خیساندن از برنج هایی که سه بار شستشو گردیدند ۳ نمونه ۲۵ گرمی وزن گردید و هر ۲۵ گرم درون ظروفی که حاوی ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر با دمای ۴۷ درجه سانتیگراد (شرایط دمایی مشابه فرآیند موج دهی فراصوت) ریخته شد و همه نمونه ها به طور همزمان به دستگاه حمام آب گرم منتقل و در هر زمان تیمار گردید. سپس به منظور کنترل دمای محتوی ظروف در ۴۷ درجه سلسیوس، درجه حرارت بن ماری روی ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار داده شد (Anonymous, 2002).



شکل ۱. تصویر مولد فراصوت همراه با مبدل در هنگام آزمون

اندازه‌گیری میزان جذب آب دانه‌های برنج (موج دهی شده و خیسانده):

پس از گذشت زمان تعیین شده نمونه های ۴ گرمی برنج از مخازن خارج گردید و پس از حذف رطوبت توسط دستمال جذب با استفاده آون قابل کنترل در دمای ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس برای مدت ۲۴ ساعت تارسیدن به وزن ثابت خشک شدند. سه نمونه به این ترتیب تعیین رطوبت گردید و در نهایت رطوبت میانگین براساس وزن خشک (dB) محاسبه شد (Yildirim *et al.*, 2010; Basiri *et al.*, 2011; Anonymous, 1987).

اندازه گیری کل مواد جامد نامحلول (TDS) و هدایت الکتریکی (EC) لعاب

مواد جامد نامحلول (میلی گرم در لیتر) با استفاده از دستگاه کنداکتومتر (مدل METROHM 712، ساخت کشور سوئیس) در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) گزارش گردید (Yildirim *et al.*, 2015).

مواد و روش‌ها

آماده سازی دانه‌های برنج: در این پژوهش نمونه های ندا و طارم محلی که از انواع پرمحصول می باشند از یکی از شالیکوبی های معتبر مازندران تهیه، به کیسه کتانی منتقل و تا زمان مصرف در دمای محیط نگهداری شد. این وارسته ها در سطح وسیعی در شمال ایران کشت می شوند و از کیفیت خوراکی خوبی برخوردار می باشند. قبل از انجام آزمایش به منظور حذف هرگونه ماده اضافی، مواد خارجی و دانه های معیوب به صورت دستی تمیز شده و سپس با غربال کردن و حذف دانه های شکسته و به دست آوردن دانه‌هایی با اندازه های استاندارد و یکنواخت الک شدند. مقدار رطوبت اولیه با استفاده از آون هوای داغ در دمای 103 ± 2 درجه سانتیگراد (مدل SHIMIFANN، ساخت کشور ایران) تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد (Yildirim *et al.*, 2010; Anonymous, 2002).

روش اعمال پیش تیمار فراصوت: با توجه با اینکه برای اعمال تیمار وجود محیط آبی ضروری می باشد، نمونه ها در معرض امواج فراصوت با توان و مدت زمان متفاوت قرار گرفتند. برای انجام تیمار ابتدا پس از سه بار شستشوی برنج و حذف آب اضافی، میزان ۱۰ گرم برنج از ارقام نامبرده با ترازوی دیجیتال وزن گردید و سپس ۲۰ برابر وزنی به آنها آب مقطر (نسبت ۱:۲۰) با دمای ۴۷ درجه سانتی گراد اضافه گردید (Kashaninejad *et al.*, 2008). برای تولید امواج فراصوت قدرتی از یک دستگاه مولد فراصوت آزمایشگاهی (مدل AMMM، ساخت کشور سوئیس) با سطوح توانی قابل تغییر ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ وات و بسامد 20 ± 0.5 استفاده و برای انتقال امواج از ترانس دیوسر (مبدل) به نمونه از سونوترود استوانه ای شکلی از جنس تیتانیوم به قطر ۲۰ میلی متر که تا عمق ۴ سانتی‌متر زیر سطح مایع غوطه ور شود، استفاده گردید (شکل ۱). با توجه به کنترل دما در طول فرآیند و ثابت بودن دما در ۴۷ درجه سانتی گراد، دمای اولیه آب اضافه شده به ارقام برنج ۴۷ درجه سانتی گراد انتخاب گردید.

آنالیز آماری

در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر توان فراصوت (در دو سطح ۸۰۰ و ۱۰۰۰ وات)، خیساندن در شرایط دمایی کنترل شده، زمان (در سه سطح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه)، بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دو رقم برنج (ندا و طارم محلی) انجام گردید. تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار، به صورت آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه ای دانکن و نرم افزار SAS 9.1 برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد.

اندازه گیری مشخصات ابعادی دانه های برنج برای تعیین مشخصات ابعادی دانه های برنج قبل و بعد از اعمال تیمار فراصوت و خیساندن، از روش پردازش تصویر (ماشین بینایی) استفاده گردید. به منظور تصویربرداری، از یک جعبه سیاه، مجهز به سیستم نورپردازی یکنواخت استفاده شد که در بالای آن در فاصله حدود ۲۰ سانتی متری نمونه یک دوربین (مدل Canon) نصب گردیده بود و طول دانه ها با ۳ تکرار تعیین مقدار شد (Mousavi Rad *et al.*, 2013; Mohebbi m, 2007).

نتایج و بحث

نتایج صفت جذب آب برنج:

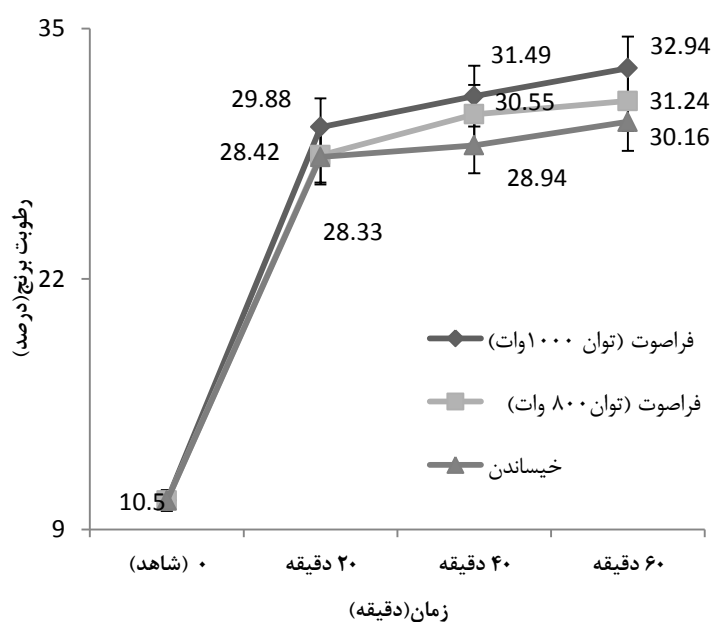
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های مربوط به جذب آب برنج نشان داد که جذب آب برنج تحت تأثیر امواج فراصوت در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد و لی اثر ساده رقم و برهمکنش رقم و تیمار معنی دار نگردید (جدول ۱).

میانگین داده های مربوط به تیمار ۶۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰ وات نشان می دهد که بیشترین میزان جذب آب برنج

جدول ۱- تجزیه واریانس داده ها در رابطه با صفات مربوط به ابعاد برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)	
		جذب آب	طول
رقم برنج (A)	۱	۶/۸۶ ^{ns}	۰/۲۴۶ ^{**}
تیمار (B)	۹	۲۴۵/۷۵ ^{**}	۱/۷۷۴ ^{**}
اثرمتقابل AB	۹	۱/۶۲ ^{ns}	۱/۶۴۰ ^{**}
خطا	۴۰	۴/۱۲	۰/۰۲۷
ضریب تغییرات (C.V)		۷/۲	۲/۸

^{ns} و ^{**} به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح ۱ درصد

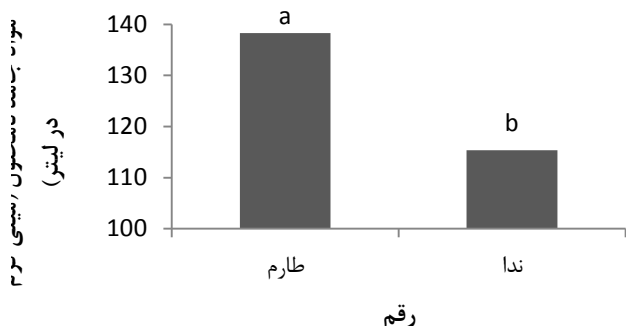


شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بر میزان جذب آب برنج در آزمایش خیساندن

فرآیند شالیکوبی و آسیاب کردن به وجود می آیند و سرعت جذب آب به تدریج کندتر شده و در انتها به سمت رطوبت تعادلی یا اشباع پیش می رود و از طرفی تشکیل حباب های کلواتاسیونی توسط امواج فراصوت در یک محیط مایع و از هم پاشیدن شدید این حباب ها در برخورد با سطح جامد (دانه های تحت اعمال تیمار فراصوت) و تأثیر مکانیکی امواج فراصوت با شکستن دیواره سلولی، مقاومت نفوذی لایه های مرزی سطح

بر اساس نتایج (Bello *et al.*, 2004; Kashaninejad, 2008) در ارقام مختلف برنج با گذشت زمان خیساندن مقدار جذب آب افزایش می یابد که ناشی از فرآیند انتشار در دماهای پایین تر از نقطه زلاتینه شدن ناشاسته می باشد. سرعت جذب آب در ۲۰ دقیقه اول فرآیند خیساندن در ارقام مختلف برنج به سرعت افزایش یافته که ناشی از وجود شکاف های موجود در سطح برنج و ترک های داخلی می باشد. شکاف ها به میزان کم و بیش در

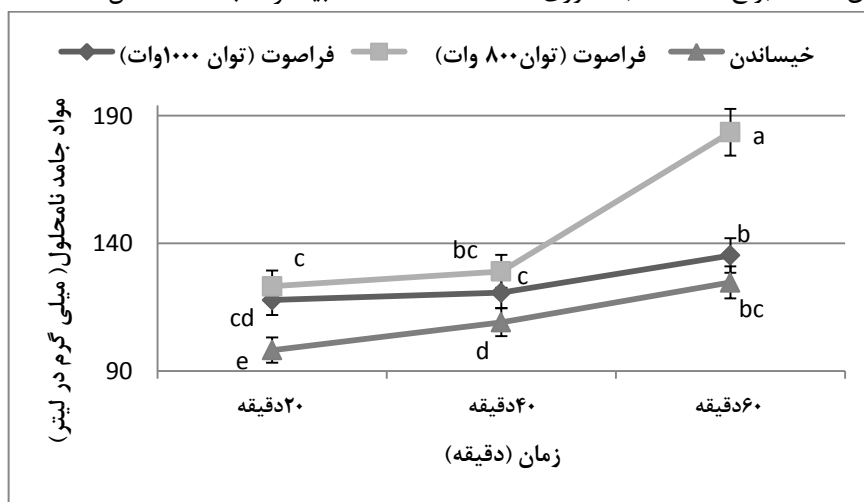
بیش‌ترین میزان TDS برنج در رقم طارم مشاهده شد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر رقم بر میزان TDS

میانگین داده‌های مربوط به تیمار نشان داد که با افزایش زمان خیساندن و موج‌دهی، TDS برنج افزایش یافت به طوری که بیش‌ترین میزان TDS برنج در آزمایش اول در تیمار ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۸۰۰ وات (۱۸۳/۴۷ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. کم‌ترین آن نیز در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن (۹۸/۲ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد (شکل ۴).

برهمکنش رقم و تیمار نیز نشان داد که بیش‌ترین TDS برنج در رقم طارم در تیمار ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۸۰۰ وات (۲۶۷/۶۷ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. کم‌ترین TDS برنج نیز در رقم ندا در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن (۸۶/۴ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود، اما تیمارهای خیساندن و موج‌دهی ۸۰۰ وات میزان TDS در رقم طارم نسبت به ندا بیش‌تر بود؛ این در حالی است که در تیمارهای ۴۰ و ۶۰ دقیقه موج‌دهی با توان ۱۰۰۰ وات عکس این حالت رخ داد که با توجه به نتایج مطالعه (نصیرپور و همکاران، ۱۳۹۳) علت بالاتر بودن فاکتور TDS در رقم طارم را می‌توان به محتوای پائین آمیلوز و پروتئین و خروج ماده خشک بیشتر نسبت داد (شکل ۵).



شکل ۴- اثر تیمار بر میزان TDS

جامد را کاهش داده و موجب افزایش انتقال جرم می‌شود. در نتیجه میزان محتوی رطوبت اولیه افزایش می‌یابد. این پدیده در تیمارهای با توان بالاتر دارای شدت بیش‌تری بوده و می‌توانند موجب از هم گسیختگی ساختمان مولکول‌های بزرگ گردند که منجر به تولید جایگاه‌های اتصال آب بیش‌تری خواهد شد. ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب و جایگاه‌های اتصال ایجاد شده منجر به افزایش بیش‌تر جذب آب در نمونه‌های تیمار شده با فراصوت می‌گردد (Toma, 2001; Povey et al., 1998).

براساس نتایج (Breitbach et al., 2002) پیش تیمار فراصوت میزان رطوبت اولیه را افزایش می‌دهد، به گونه‌ای که با افزایش توان فراصوت و زمان در معرض قرارگیری امواج این فاکتور افزایش می‌یابد.

نتایج شاخص TDS (مواد جامد نامحلول):

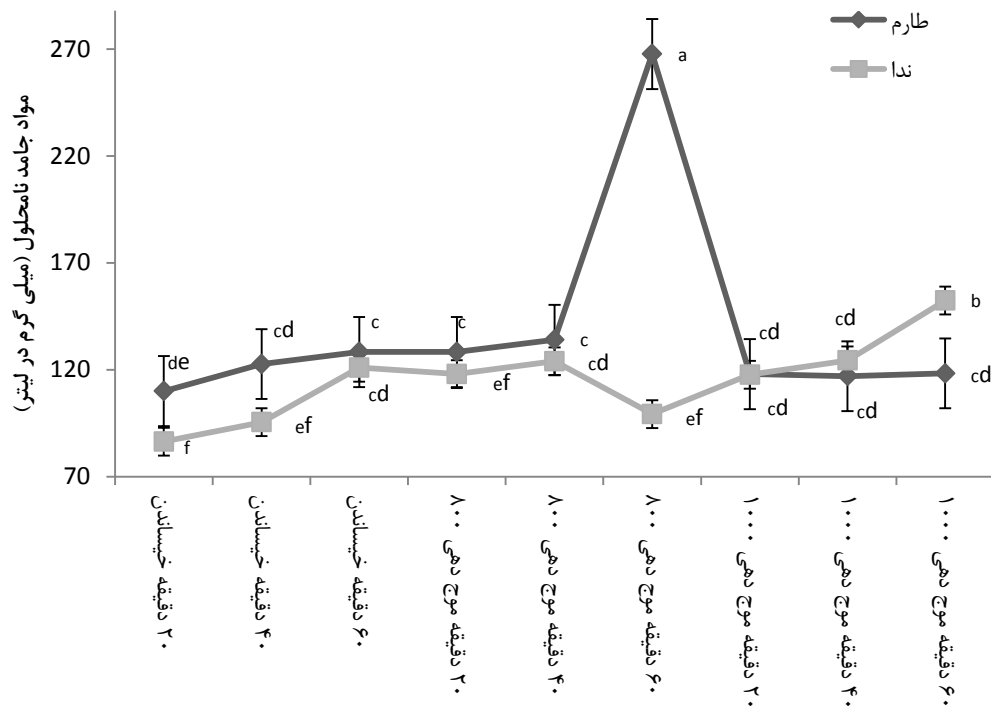
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به TDS برنج نشان داد که TDS برنج تحت تاثیر رقم، تیمار و اثر متقابل رقم و تیمار در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس داده‌ها در رابطه با صفات EC, TDS

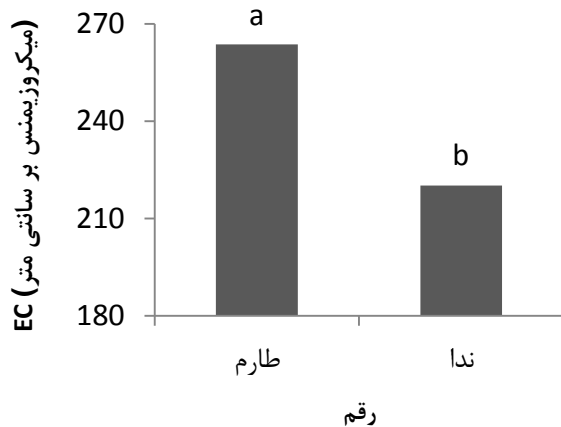
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)	
		EC	TDS
رقم برنج (A)	۱	۲۵۴۹۳/۲**	۷۰۶۳/۵**
تیمار (B)	۸	۱۲۵۳۱/۵**	۳۴۱۷/۷**
اثر متقابل AB	۸	۱۷۸۵۵/۵**	۴۹۵۳/۲**
خطا	۳۶	۱۵۱/۹	۴۵/۲
ضریب تغییرات (C.V)		۵/۱	۵/۳

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

میانگین داده‌های مربوط به رقم نشان داد که دو رقم تفاوت معنی‌داری در میزان TDS برنج داشتند؛ به طوری که



شکل ۵- اثر متقابل رقم برنج و تیمار بر میزان TDS



شکل ۶- اثر رقم بر میزان EC

میانگین داده‌های مربوط به تیمار نشان داد که با افزایش زمان خیساندن و موج‌دهی، EC برنج افزایش یافت؛ به طوری که بیش‌ترین میزان EC برنج در این آزمایش در تیمار ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۸۰۰ وات (۳۵۰/۳۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) مشاهده شد. کم‌ترین آن نیز در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن (۱۸۶/۹۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۷).

برهمکنش رقم و تیمار نیز نشان داد که بیش‌ترین EC برنج در رقم طارم در تیمار ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۸۰۰ وات (۵۱۰/۱۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) مشاهده شد. کم‌ترین EC برنج نیز در رقم ندا در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن (۱۶۴/۷۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) مشاهده شد؛ اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۴۰ دقیقه خیساندن و ۶۰ دقیقه

به طور کلی میزان جذب رطوبت در ابتدای عملیات سریع و با گذشت زمان کند شده و میزان خروج مواد جامد محلول برنج افزایش می‌یابد که بر اساس نتایج (Yildirim et al., 2015) خروج مواد جامد محلول در مسیر معکوس جذب آب بوده و به عنوان عاملی مقاوم در مقابل جذب آب عمل می‌نماید و از طرف دیگر اختلاف در غلظت مواد جامد و نیروی اسمزی باعث خروج مقداری از مواد جامد به آب خیساندن شده که این فرآیند تحت عنوان اتلاف مواد جامد نامیده می‌شود و عامل این پدیده انتشار می‌باشد.

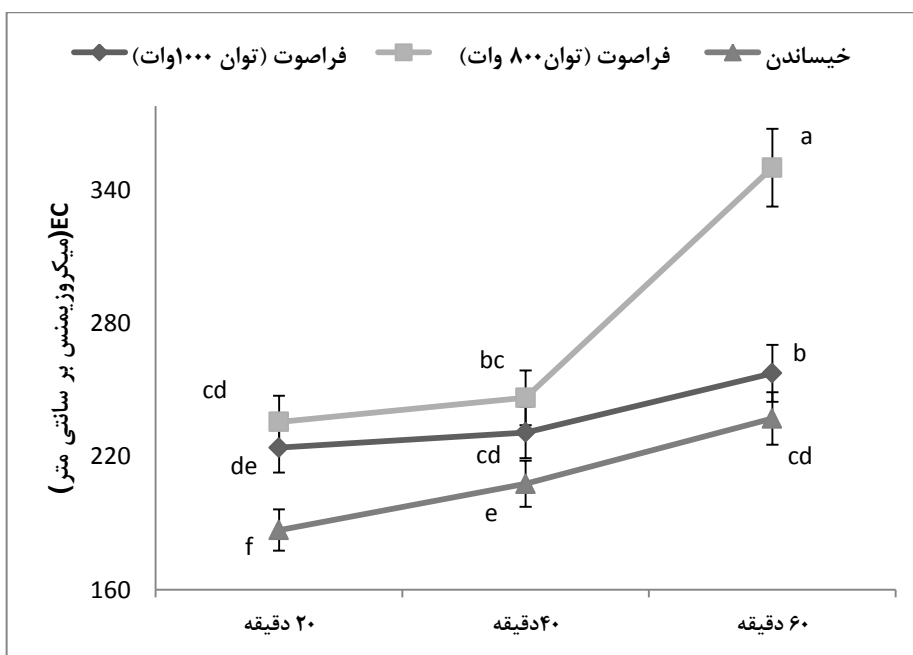
نتایج شاخص EC

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به EC برنج نشان داد که EC برنج تحت تأثیر رقم، تیمار و اثر متقابل رقم و تیمار در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). میانگین داده‌های مربوط به رقم نشان داد که دو رقم تفاوت معنی‌داری در میزان EC برنج داشتند؛ به طوری که بیش‌ترین میزان EC برنج در این آزمایش در رقم طارم مشاهده شد (شکل ۶).

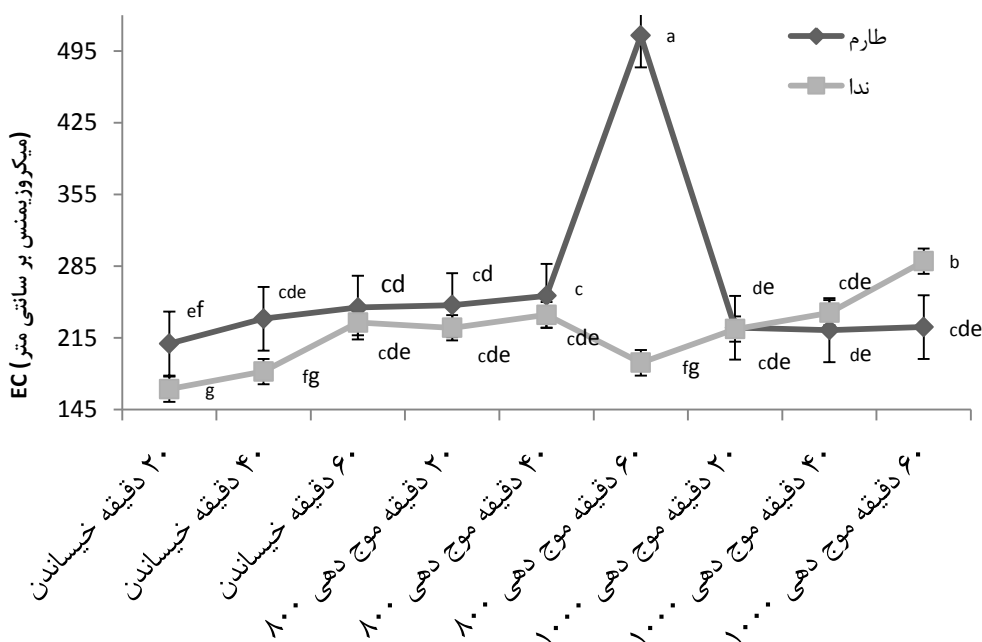
لازم به ذکر است با توجه به اینکه برنج طارم از نوع آمیلوز پائین بوده و میزان آمیلوز عامل مهمی در تورم دانه‌های نشاسته می‌باشد. در واقع آماس کردن ذرات نشاسته که در اثر جذب آب با افزایش درجه حرارت در هنگام پختن برنج حاصل شده و موجب افزایش لزجت آن شده و یکی دیگر از ویژگی مهم نشاسته شمار می‌آید.

فراصوت و زمان موج دهی، افزایش قابل توجهی در خروج الکترولیت‌ها رخ داده است (YILDIRIM *et al.*, 2015). در تیمارهای خیساندن و موج‌دهی ۸۰۰ وات میزان EC در رقم طارم نسبت به ندا بیش‌تر بود، این در حالی است که در تیمارهای ۴۰ و ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۱۰۰۰ وات عکس این حالت رخ داد (شکل ۸).

موج‌دهی ۸۰۰ وات نداشت. با توجه به اینکه حضور مواد جامد محلول معدنی (الکترولیت‌ها) مانند نیترات و آنیون‌های کلرید، فسفات، سولفات و یا کاتیون‌های سدیم، منیزیم، کلسیم، آهن، آلومینیوم بر هدایت الکتریکی آب تأثیر گذاشته و همچنین مواد معدنی عمده برنج فسفر، پتاسیم، منیزیم، منگنز، کلسیم، آهن، روی و مس می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش توان



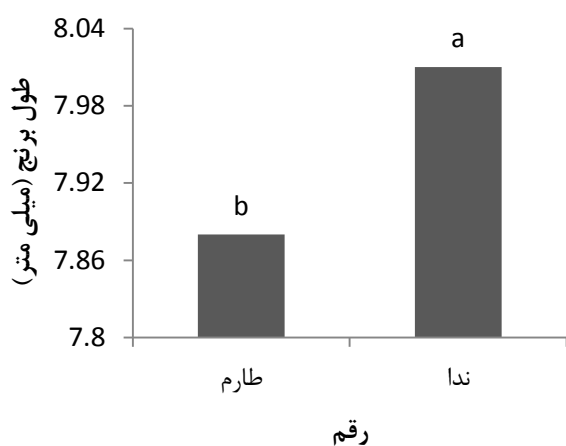
شکل ۷- اثر تیمار بر میزان EC



شکل ۸- اثر متقابل رقم برنج و تیمار بر میزان EC

نتایج شاخص طول برنج:

تا کنون درباره تأثیر زمان فرآیند فراصوت قدرتی بر خصوصیات فیزیکی برنج نتایج گزارشی نشده است اما براساس نتایج Ahromrit *et al.* (2006) با افزایش زمان خیساندن برنج نسبت طول به قطر افزایش یافته که این تغییرات در مراحل ابتدایی خیساندن به علت نفوذ آب بیشتر بوده بطوریکه تغییرات طول به قطر افزایش می یابد که براساس نتایج آرومریت تغییرات ابعاد ناشی از دو مکانیسم اصلی، تورم گرانول های نشاسته موجود در آندوسپرم و پرشدن شکاف های موجود در دانه برنج می باشد.

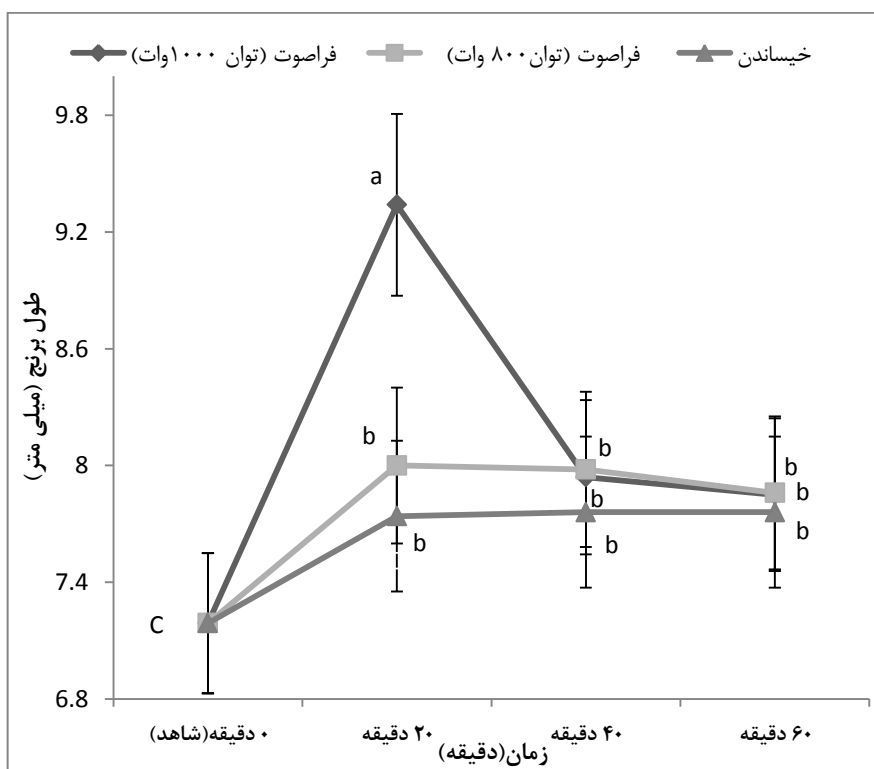


شکل ۹- اثر رقم بر طول برنج

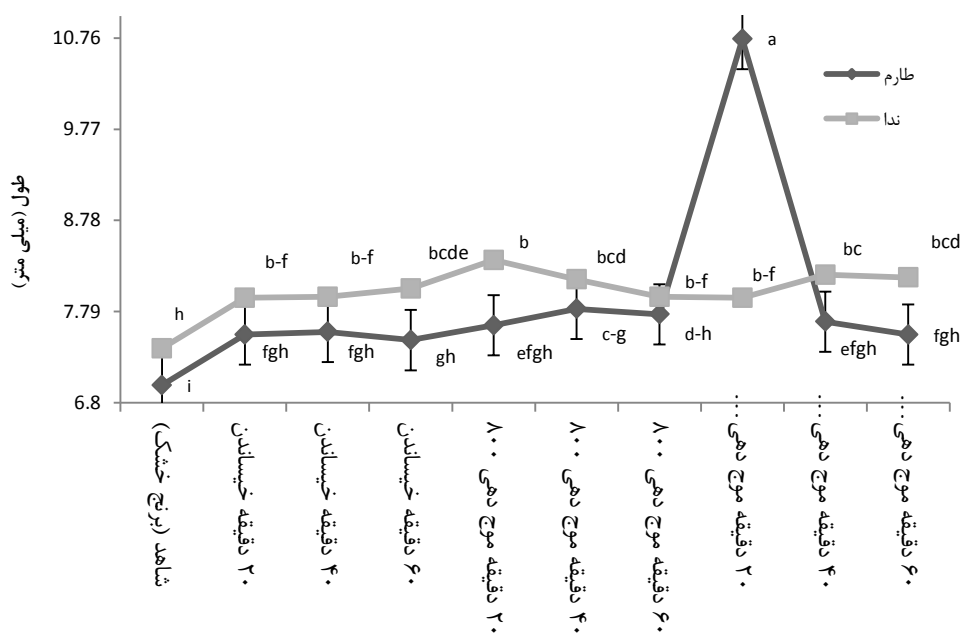
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های مربوط به طول برنج نشان داد که طول برنج تحت تأثیر رقم، تیمار و اثر متقابل رقم و تیمار در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد. میانگین داده های مربوط به رقم نشان داد که دو رقم تفاوت معنی داری در میزان طول برنج داشتند؛ به طوری که بیشترین میزان طول برنج در رقم ندا مشاهده شد (شکل ۹).

میانگین داده های مربوط به تیمار نشان داد که بیشترین میزان طول برنج در تیمار ۲۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰ وات (۹/۳۴ میلی متر) مشاهده شد (جدول ۳). کمترین میزان طول برنج نیز در تیمار شاهد (برنج خشک) (۷/۱۹ میلی متر) مشاهده شد و بقیه تیمارها تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. با افزایش زمان موج دهی از ۲۰ به ۴۰ دقیقه در تیمار فراصوت ۱۰۰۰ وات، طول برنج کاهش معنی داری یافت و در بقیه تیمارها تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۱۰).

برهمکنش رقم و تیمار نیز نشان داد که بیشترین میزان طول برنج در آزمایش اول در رقم طارم در تیمار ۲۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰ وات (۱۰/۷۵ میلی متر) مشاهده شد. کمترین میزان طول برنج نیز در رقم طارم در تیمار شاهد (برنج خشک) (۶/۹۹ میلی متر) مشاهده شد. در تمامی تیمارها به جزء (تیمار ۲۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰ وات) میزان طول برنج در رقم ندا نسبت به رقم طارم بالاتر بود (شکل ۱۱).



شکل ۱۰- اثر تیمار بر طول برنج



شکل ۱۱- اثر متقابل رقم برنج و تیمار بر طول برنج

در آب و جذب آب افزایش یافت (Majzoubi et al., 2014). در حقیقت در تیمار اعمال فراصوت، تشکیل حباب‌های کاویتاسیونی توسط امواج فراصوت در یک محیط مایع و از هم پاشیدن شدید این حباب‌ها در برخورد با سطح جامد (دانه های تحت اعمال تیمار فراصوت) و تأثیر مکانیکی امواج فراصوت با شکستن دیواره سلولی، مقاومت نفوذی لایه‌های مرزی سطح جامد را کاهش داده و موجب افزایش انتقال جرم می‌شود. در نتیجه میزان محتوی جذب آب اولیه افزایش می‌یابد. که این پدیده در تیمارهای با توان بالاتر دارای شدت بیش‌تری می‌باشد (Breitbach et al., 2002). همچنین امواج فراصوت می‌توانند موجب از هم‌گسیختگی ساختمان مولکول‌های بزرگ گردند که در نتیجه آن جایگاه‌های اتصال آب بیش‌تری تولید خواهد شد. ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب و جایگاه‌های اتصال ایجاد شده منجر به افزایش بیش‌تر جذب آب در نمونه‌های تیمار شده با فراصوت می‌گردد (Toma et al., 2001; Povey, 1998). تیمار فراصوت به طور معنی‌داری میزان جذب آب اولیه را افزایش می‌دهد، به گونه‌ای که با افزایش توان فراصوت و زمان در معرض قرارگیری امواج این فاکتور افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج این پژوهش (جدول ۳)، بیش‌ترین میزان TDS و EC برنج در رقم طارم مشاهده شد. علت نسبت بالاتر بودن فاکتور TDS در رقم طارم را می‌توان به محتوای پائین آمیلوز و پروتئین و خروج ماده خشک بیشتر نسبت داد (Nasirpoor et al., 2014).

لازم به ذکر است که در اثر فرآیند فراصوت پدیده حفرگی یا تشکیل حباب‌های بسیار ریز اتفاق می‌افتد که انفجار این حباب‌ها سبب حرکت دورانی حباب‌های مجاور شده که این امر به نوبه خود با ایجاد ریزجریان‌هایی در محیط و تخریب دیواره سلول‌ها باعث افزایش شکاف‌ها در دانه برنج گردیده و منجر به افزایش سرعت انتقال حرارت و جرم (به علت پراکنش شکاف‌های موجود در دانه برنج) می‌شود و در نهایت طول زیاد می‌گردد (Barbosa et al., 2005; Horigane, 1999).

جدول شماره ۳ اثر تیمارهای مختلف فراصوت در زمانهای مختلف بر میزان هدایت الکتریکی، مواد جامد نامحلول، میزان جذب آب و طول برنج را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج این تحقیق، بیش‌ترین میزان جذب آب برنج در آزمایش اول در تیمار ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۱۰۰۰ وات (۳۲/۹۴ درصد) مشاهده شد؛ اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۲۰ و ۴۰ دقیقه موج‌دهی ۱۰۰۰ و همچنین ۴۰ و ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۸۰۰ و ۶۰ دقیقه خیساندن نداشت. کم‌ترین میزان جذب آب نیز در تیمار شاهد (برنج خشک) (۱۰/۵۰ درصد) مشاهده شد. با افزایش زمان موج‌دهی و خیساندن، جذب آب برنج افزایش یافت؛ اما اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار نبود. نتایج این پژوهش با نتایج مجذوبی بر روی گندم مطابقت دارد آنان نشان دادند که با افزایش زمان فرایند فراصوت، حلالیت

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات TDS، EC، جذب آب و طول تحت تاثیر اثرمتقابل رقم و تیمارهای مختلف

طول	جذب آب	EC	TDS	صفت تیمار	رقم طارم
۶/۹۹i	۱۱/۶۷ _c	-	-	شاهد (برنج خشک)	رقم ندا
۷/۵۴fgh	۲۸/۳۳ _{ab}	۲۰۹/۲۳ _{ef}	۱۱۰/۰۰ _{de}	۲۰ دقیقه خیساندن	
۷/۵۷fgh	۲۸/۸۹ _{ab}	۲۳۳/۵۷ _{cde}	۱۲۲/۶۷ _{cd}	۴۰ دقیقه خیساندن	
۷/۴۸gh	۳۰/۷۸ _{ab}	۲۴۴/۵۰ _{cd}	۱۲۸/۳۳ _c	۶۰ دقیقه خیساندن	
۷/۶۴efgh	۲۹/۶۷ _{ab}	۲۴۶/۸۰ _{cd}	۱۲۸/۳۳ _c	۲۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰	
۷/۸۲cdefg	۳۰/۳۳ _{ab}	۲۵۵/۸۷ _c	۱۳۴/۰۰ _c	۴۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰	
۷/۷۶defgh	۳۱/۲۰ _{ab}	۵۱۰/۱۰ _a	۲۶۷/۶۷ _a	۶۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰	
۱۰/۷۵ _a	۳۰/۳۱ _{ab}	۲۲۴/۷۷ _{cde}	۱۱۸/۰۰ _{cd}	۲۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰	
۷/۶۸efgh	۳۱/۵۵ _{ab}	۲۲۲/۴۳ _{de}	۱۱۷/۰۰ _{cd}	۴۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰	
۷/۵۴fgh	۳۳/۱۱ _a	۲۲۵/۴۳ _{cde}	۱۱۸/۳۳ _{cd}	۶۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰	
۷/۳۹h	۹/۳۳ _c	-	-	شاهد (برنج خشک)	
۷/۹۴bcdef	۲۸/۳۳ _{ab}	۱۶۴/۷۳ _g	۸۶/۴۰ _f	۲۰ دقیقه خیساندن	
۷/۹۵bcdef	۲۹/۰۰ _{ab}	۱۸۱/۹۳ _{fg}	۹۵/۴۷ _{ef}	۴۰ دقیقه خیساندن	
۸/۰۴bcde	۲۹/۵۵ _{ab}	۲۲۹/۸۰ _{cde}	۱۲۱/۰۰ _{cd}	۶۰ دقیقه خیساندن	
۸/۳۵ _b	۲۷/۱۷ _b	۲۲۴/۷۰ _{cde}	۱۱۸/۰۰ _{cd}	۲۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰	
۸/۱۴bcd	۳۰/۷۷ _{ab}	۲۳۷/۳۷ _{cde}	۱۲۴/۰۰ _{cd}	۴۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰	
۷/۹۵bcdef	۳۱/۲۸ _{ab}	۱۹۰/۵۳ _{fg}	۹۹/۲۷ _{ef}	۶۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰	
۷/۹۴bcdef	۲۹/۴۴ _{ab}	۲۲۳/۴۰ _{de}	۱۱۷/۶۷ _{cd}	۲۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰	
۸/۱۹bc	۳۱/۴۲ _{ab}	۲۳۹/۳۳ _{cde}	۱۲۴/۳۳ _{cd}	۴۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰	
۸/۱۶bcd	۳۲/۷۷ _a	۲۸۹/۷۰ _b	۱۵۲/۳۳ _b	۶۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰	

میانگین های موجود در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی داری با هم ندارند.

موج دهی ۸۰۰ وات میزان TDS در رقم طارم نسبت به ندا بیش تر بود.

بیش ترین میزان طول برنج در رقم ندا مشاهده شد. میانگین داده های مربوط به تیمار نیز نشان داد که بیش ترین میزان طول برنج در این آزمایش در تیمار ۲۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰ وات مشاهده شد. کم ترین میزان آن ها نیز در تیمار شاهد (برنج خشک) مشاهده گردید و بقیه تیمارها تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. برهمکنش رقم و تیمار نیز نشان داد که بیش ترین میزان طول برنج در رقم طارم در تیمار ۲۰ دقیقه موج-دهی ۱۰۰۰ وات مشاهده شد.

کم ترین میزان آن ها نیز در رقم طارم در تیمار شاهد

میانگین داده های مربوط به تیمار نشان داد که با افزایش زمان خیساندن و موج دهی، TDS و EC برنج افزایش یافت؛ به طوری که بیش ترین میزان TDS و EC برنج در تیمار ۶۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰ وات مشاهده شد. کم ترین میزان آن ها نیز در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن مشاهده شد. برهمکنش رقم و تیمار نیز نشان داد که بیش ترین TDS و EC برنج در رقم طارم در تیمار ۶۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰ وات (۲/۷۴ میلی گرم در لیتر) مشاهده شد. کم ترین میزان آن ها نیز در رقم ندا در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن (۸۶/۴ میلی گرم در لیتر) مشاهده شد؛ اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با تیمارهای ۴۰ دقیقه خیساندن و ۶۰ دقیقه موج دهی ۸۰۰ نداشتند. در تیمارهای خیساندن و

افزایش یافت در نتیجه خروج مواد جامد نامحلول در مسیر معکوس جذب آب می‌تواند به عنوان عاملی مقاوم در برابر جذب آب باشد و بیش‌ترین میزان طول برنج در رقم ندا و بیش‌ترین میزان TDS و EC برنج در رقم طارم مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد خصوصیت فیزیکی دانه (طول برنج) تابع فرآیند فراصوت و خیساندن بوده به طوری که با افزایش زمان موج دهی و خیساندن این خصوصیت افزایش یافت و بیش‌ترین میزان طول برنج در رقم ندا مشاهده شد. بنابراین استفاده از فناوری فراصوت در مقایسه با خیساندن در شرایط دمایی کنترل شده میزان جذب آب و خصوصیت فیزیکی دانه (طول) برنج را افزایش ولی روش خیساندن میزان TDS و EC برنج را کاهش داد. به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه مؤید این است که پیش تیمار برنج با کمک امواج فراصوت یک روش موثر در خیساندن برنج در مقایسه با روش مرسوم می‌باشد که می‌تواند به عنوان یک روش کارآمد در خیساندن برنج در زمان کمتر برای حفظ ارزش تغذیه‌ای آن مد نظر قرار گیرد.

REFERENCES

- Abu-Ghannam, N. & McKenna, B. (1997). Hydration kinetics of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Food Science*, 62(3), 520-523.
- Ahromrit, A., Ledward, d. & Niranjana, k. (2006). High pressure induced water uptake characteristics of Thai glutinous rice. *Journal of Food Engineering*, 72(3), 225-233.
- Anonymous. (1987). Grain moisture measurement of its products. Institute of Standards and Industrial Research of Iran standard.
- Anonymous. (2002). Grain and its products, grain sieve test - characteristics. Iran Standard Institute
- Anonymous. (2010). Development of an Induction-heated Rice Cooker Using Ultrasonic Waves. database on noteworthy contributions for science and technology.
- Askari aslizade, A. (2005). Technology of Cereals, Legume, Fruits, Vegetables Postharvest. Yvarian Press. First Edition (In Farsi).
- Barbosa, G. & Tapia, M. (2005) Novel Food Processing Technologies. New York: CRC
- Basiri, S., Shahidi, f., kadhodaii, R. & Farahvash, R. (2011). An investigation on the effect of ultrasound waves and pretreatment methods on the extraction of oil from pomegranate seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 8(31). (In Farsi).
- Bello, M., Tolaba, M. & Suarez, C. (2004). Factors affecting water uptake of rice grain during soaking. *LWT - Food Science and Technology*, 37(8), 811-816.
- Breitbach, M., Bathen, D. & Schmidt-Traub, H. (2002). Desorption of a fixed-bed adsorber by ultrasound. *Ultrasonics*, 40(1), 679-682
- Chiang, P.Y. & Yeh, A.I. (2002). Effect of soaking on wet-milling of rice. *Journal of Cereal Science*, 35(1), 295-313.
- Cui, L., Pan, Z. & Yue, T. Atungulu G, Berrios J. (2010). Effect of ultrasonic treatment of brown rice at different temperatures on cooking properties and quality. *The American Association of Cereal Chemists, Inc*, 87(5), 403-408.
- database on noteworthy contributions for science and technology. (2010). Development of an Induction-heated Rice Cooker Using Ultrasonic Waves. Research Data (No.1827).
- Dolatowski, Z.J., Stadnik, J. & Stasiak, D. (2007). Applications of ultrasound in food technology. *Acta Sci Pol, Technol Aliment*, 6(3), 89-99.
- Ghobadi, Z. & Abbasi, s. (2009). Ultrasound: properties, production methods and applications in food processing. *Agriculture and Natural Resources Engineering*, 6(24), 12-18. (In Farsi).
- Horigane, A. K., Toyoshima, H., Hemmi, H., Engelaar, W., Okubo, A. & Nagata, T. (1999). Internal hollows in cooked rice grains (*Oryza sativa* cv. Koshihikari) observed by NMR micro imaging. *Journal of Food Science*, 64 (1), 1-5.
- Isma'ilzadih, S., Tavakkoli, H. & Roozbehani, F. (2010). Introduction of rice and quality control procedures. *Quarterly educational Educational Development Center School of Public Health*, 13(47), 1-6. (In Farsi).
- Jafari, A. & zare, D. (2013). Design and Development of Ultrasound-Assisted Fluidized Bed Dryer Case Study: Paddy. *Eighth National Congress of*

(برنج خشک) مشاهده شد. با توجه به مطالعه سویی و همکاران (۲۰۱۰) تیمار فراصوت سبب افزایش قابل توجهی در حجم برنج قهوه‌ای گردید می‌توان نتیجه گرفت با افزایش توان فراصوت، و افزایش شکاف در دانه و ایجاد پیوند های هیدروژنی بیشتر باعث افزایش سرعت جذب آب گردیده و ابعاد برنج افزایش می‌یابد.

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج این آزمایش استفاده از امواج فراصوت به عنوان پیش تیمار، زمان فرآیند خیساندن را کاهش و میزان رطوبت اولیه را افزایش داد و با افزایش توان فراصوت میزان جذب آب بیشتر گردید. بررسی رفتار جذب آب دانه‌ها نشان داد که میزان رطوبت در مرحله ابتدایی به سرعت افزایش یافت و سپس میزان جذب آب کند گردید.

با افزایش زمان موج دهی و خیساندن، جذب آب برنج افزایش یافت به طوری که با افزایش توان فراصوت و زمان در معرض قرار گیری امواج فاکتور جذب آب دارای شدت بیش‌تری بود.

با افزایش زمان خیساندن و موج دهی، TDS و EC برنج

- Agricultural Machinery Engineering (Journal of Biosystems) and mechanization in Iran.* (In Farsi).
- Kashani Nejad , M., Chabra, D. & Rafeie, S.(2008). Investigate moisture absorption and change the physical properties of all rice genotypes in soaking process. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(2). (In Farsi).
- Kashaninejad , M., Mortazavi , A., Safekordi A. & Tabil, L. (2006). Some physical properties of Pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel. *Journal of Food Engineering*, 72(1), 8-30. (In Farsi).
- Majzoobi, M., Seifzadeh, n., Farahnaki, A. & Badii, F. (2014). The effect of ultrasound on the physicochemical properties of wheat starch. *Polymer Science and Technology*, 27(1), 15-23. (In Farsi).
- Mason, T. j. & Lormier, J. p.(2002). Applied sonochemistry. Germany: Wiley-VCH: Weinheim.
- Mohebbi, m., Akbarzade, M., Shahidi, F. & Purshahabi, M. (2007). Assessment of the application of machine vision and artificial neural network to predict the moisture content of dried shrimp. In: *Fourth Conference on Machine Vision and Image Processing*, 14-15 Feb., Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Farsi).
- Mousavi Rad, S. & Akhlaghiyan Taleb, f. (2013). Designing an expert system to determine the authenticity of rice using a combination of textural properties of rice mass images. *Journal of Machine Vision and Image Processing*, 1(1), 11-18. (In Farsi).
- Nasirpoor, A., Izadi, Z., Amiri, H., Haji Hashemi, Z., Hamdami, N. & Shahedi, M. (2014). The effect of xanthan gum, mono and di-glycerides and rice cultivars on physical properties and sensory food during storage. *Journal of the production and processing of agricultural and horticultural crops*, 4(12), 273-283. (In Farsi).
- Povey, M. & Mason, T. (1998). Ultrasound in food processing. *Blackie Academic and Professional*. London, United Kingdom.
- Ranjbari , A., Kashani Nejad , M., Alami, M. & Khamiri, m. (2010). Effect of ultrasound treatment on the water absorption properties of peas in the process of soaking. *Electronic processing and storage of foods*, 2(1) , 91-105. (In Farsi).
- Rashidi, H., Qadusi, H., Mortazavi A. & Tousi, A. (2000). The physicochemical characteristics of rice and its application. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 7(4), 30-123. (In Farsi)
- Roshani, F., Movahed, S. & Chenarbon, A. (2015). The application ultrasound pretreatment and drying the potato pieces in a deep frying. *Food Science and Technology researches of Iran*. (In Farsi).
- Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L. & Mason, T. (2001). Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonics sonochemistry*, 8(2), 137-142.
- Wambura, P., Yang, W. & Wang, Y. (2008). Power Ultrasound Enhanced One-Step Soaking and Gelatinization for Rough Rice Parboiling. *International Journal of Food Engineering*, 4(4).
- Yeh, A. I., Hsin W. H. & Shen, J. S. (1992). Moisture diffusion and gelatinization in extruded rice noodles. *Food extrusion science and technology*, 7, 189-199.
- Yildirim, A., ONER, M. D. & Bayram, M. (2010). Modeling of water absorption of ultrasound applied chickpeas (*Cicer arietinum* L.) using Peleg's equation. *Journal of Agricultural Sciences*, 16 (4), 278-286.
- Yildirim, A. & Oner, M. D. (2015). Electrical Conductivity, Water Absorption, Leaching and Color Change of Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) During Soaking with Ultrasound Treatment. *International Journal of Food Properties International Journal of Food Properties*, 18(6), 1359-1372.
- Zamani, G. M. & Alizadeh, M. (2009). *recognize Iranian rice*. Tehran: Pelk. (In Farsi).