مهندسی بیوسیستم ایران، دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۵ (ص ۱۳۸-۱۲۷)

تأثیر پیش تیمار فراصوت در خیساندن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دو رقم برنج ایرانی

حکیمه قانون نی‌ریزی[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 فرکانس۲۰ کیلوهرتز در زمان‌های ۴۰،۲۰ و ۶۰ دقیقه بر خواص شیمیایی و فیزیکی دو رقم برنج ندا و طارم بررسی و با روش خیساندن در شرایط کنترل شده دمایی (۴۷ درجه سانتیگراد) مقایسه شد. نتایج نشان می دهد حداکثر میزان جذب آب برنج، در تیمار ۶۰ دقیقه موج دهی ۱۰۰۰ وات و کم ترین میزان جذب آب نیز در تیمار شاهد و با افزایش زمان موج دهی و خیساندن، 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 کم ترین در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن مشاهده و همچنین بیش‌ترین میزان طول برنج در رقم ندا در تیمار ۲۰ دقیقه موج دهی۱۰۰۰ وات می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد پیش تیمار برنج با کمک امواج فراصوت یک روش موثر خیساندن برنج در مقایسه با روش مرسوم می باشد.

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 می دهد (Zamani *et al*.,2009). نود درصد تولید برنج دنیا در آسیا صورت می گیرد 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 می باشد (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 طورکلی نوع و مقدار ترکیبات مواد تشکیل دهنده برنج، خصوصیات کیفی برنج را تعیین می کنند 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 می شود ولی قبل از فرآوری لازم است فرآیندهای هیدروترمالی مثل خیساندن برروی برنج اعمال گردد (Yeh *et al*.,1992; Kashani Nejad,1999). خیساندن 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 می شود و فرایند کندی می باشد (Bello *et al*.,2004). این فرآیند به طور عمده یک عمل انتشار به شمار می آید که در اثر نفوذ آب، دانه متورم می شود. آب به داخل دانه آنقدر نفوذ می کند، تا این که فشار بخار آب در داخل دانه از فشار بخار آب جذب شده کمتر شود و هنگامی جریان آب متوقف می شود 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 می باشند (Chiang *et al*.,2002; Askari,2005). باید توجه داشت که خیساندن در محیط، احتمال افزایش فعالیت‌های میکروبی و اثرات نامطلوب بر رنگ، مزه و بو محصول را به همراه دارد. خیساندن در آب گرم یکی از روش های متداول برای کاهش زمان مرحله خیساندن است، زیرا با افزایش دما شدت جذب آب نشاسته در حین پخت

* نویسنده مسئول: Abonajmi@ut.ac.ir

نیز افزایش می‌یابد. 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 درحین 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 سال‌های اخیر با توجه به پیشرفت تکنولوژی، استفاده از روش‌های 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*.,2010این 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، همگن‌سازی، تغییر در ویسکوزیته و ... را بهبود داده و تسهیل بخشند (Majzoobi *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 می‌آید (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 فرآیندهایی 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 ویژگیهای مواد هستند. برخی از آثار این امواج شامل پدیده ایجاد حفره و نیز ایجاد تنش برشی در نمونه است (Majzoobi *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 حباب‌های 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 دماهای مختلف بر خوصیات 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 می‌دهد 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 می‌گردد (Anonymous ,2010).

بر اساس مطالعه (Yildrim *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 (Majzoobi *et al*. 2014) جهت بررسی تاثیر امواج فراصوت بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی 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 تأثیر 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 می‌باشد که برای افزایش کیفیت پخت آن معمولاً چند ساعت در آب خیسانده می شود در حالی که اطلاع کافی ازشرایط 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.

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 واریته 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 غربال‌کردن 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 دمای۲± ۱۰۳درجه 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 (نسبت۱:۲۰) 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 تغییر۱۰۰ تا ۱۰۰۰ وات و بسامد ۲۰±۰/۵ 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 (شکل۱). 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 سطح۸۰۰ و ۱۰۰۰ وات)، خیساندن در شرایط دمایی کنترل شده، زمان (در سه سطح۲۰، ۴۰و 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 مقایسۀ میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه ای دانکن و نرم افزار SAS 9.1 برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد.

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 روی۱۱۰ 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 جاذب با استفاده آون قابل کنترل در دمای ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد در دمای ۱۰۵ درجه سیلسیوس 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(مدل712 METROHM.، ساخت کشور سوئیس) در دمای اتاق (۲۵ درجه سیلسیوس) گزارش گردید (Yildirim *et al*.,2015).

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:

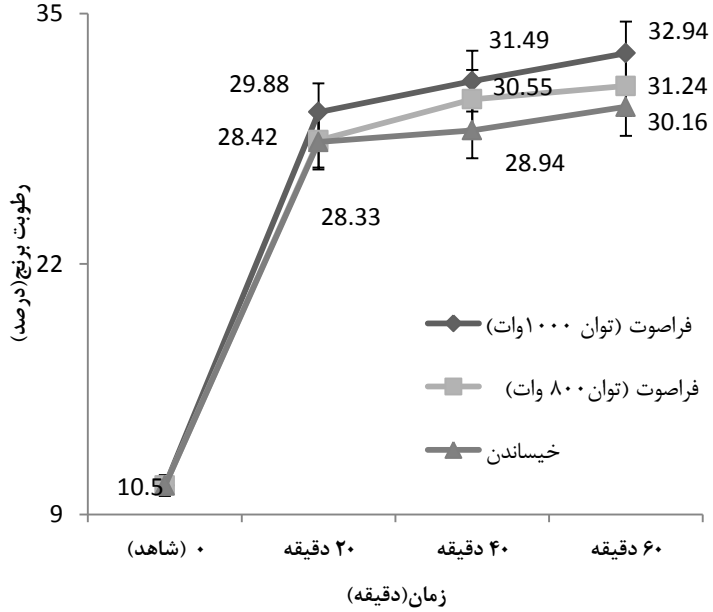
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به جذب آب برنج نشان داد که جذب آب برنج تحت تأثیر امواج فراصوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد و لی اثر ساده رقم و برهمکنش رقم و تیمار معنی‌دار نگردید (جدول۱).

میانگین داده‌های مربوط به تیمار ۶۰ دقیقه موجدهی ۱۰۰۰ وات نشان می دهد که بیش‌ترین میزان جذب آب برنج (۳۲/۹۴ درصد) می باشد، اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی-داری با تیمارهای ۲۰ و ۴۰ دقیقه موجدهی ۱۰۰۰ وات و همچنین ۴۰ و ۶۰ دقیقه موجدهی ۸۰۰ وات و ۶۰ دقیقه خیساندن مشاهده نمی شود (جدول ۳). 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 (شکل ۲).

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



شکل۲- اثر تیمارهای مختلف بر میزان جذب آب برنج در آزمایش خیساندن

بر اساس نتایج (Kashaninejad,2008 ;Bello *et al*.,2004) 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 ژلاتینه شدن نشاسته می باشد. سرعت جذب آب در۲۰ دقیقه اول فرآیند خیساندن در ارقام مختلف برنج به سرعت افزایش یافته که ناشی از وجود شکاف‌های موجود در سطح برنج و ترک های داخلی می باشد. شکاف‌ها به میزان کم و بیش در 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 کاویتاسیونی 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

جامد را کاهش داده و موجب افزایش انتقال جرم می‌شود. در نتیجه میزان محتوی رطوبت اولیه افزایش می یابد. این پدیده در تیمارهای با توان بالاتر دارای شدت بیش تری بوده و می توانند موجب از هم گسیختگی ساختمان مولکول های بزرگ گردند که منجر به تولید جایگاه های اتصال آب بیشتری خواهد شد. ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین مولکول های آب و جایگاه های اتصال ایجاد شده منجر به افزایش بیش تر جذب آب در نمونه های 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 می دهد، به گونه ای که با افزایش توان فراصوت و زمان در معرض قرارگیری امواج این فاکتور افزایش می یابد.

نتایج شاخص TDS (مواد جامد نامحلول):

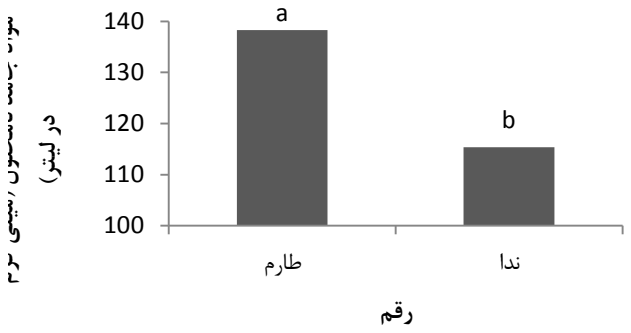
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به **TDS** برنج نشان داد که **TDS** برنج تحت تأثیر رقم، تیمار و اثر متقابل رقم و تیمار در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس داده ها در رابطه با صفات TDS، EC

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

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

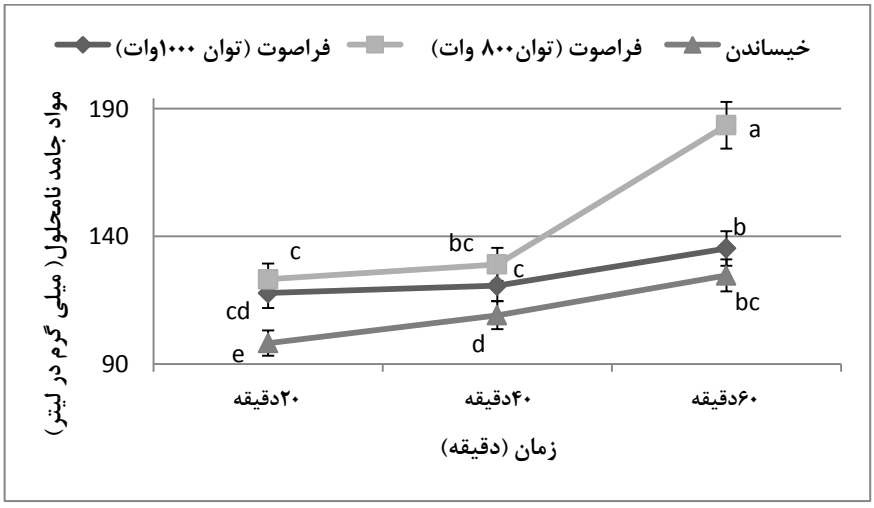
میانگین داده‌های مربوط به رقم نشان داد که دو رقم تفاوت معنی‌داری در میزان **TDS** برنج داشتند؛ به طوری که بیش‌ترین میزان **TDS** برنج در رقم طارم مشاهده شد (شکل ۳).



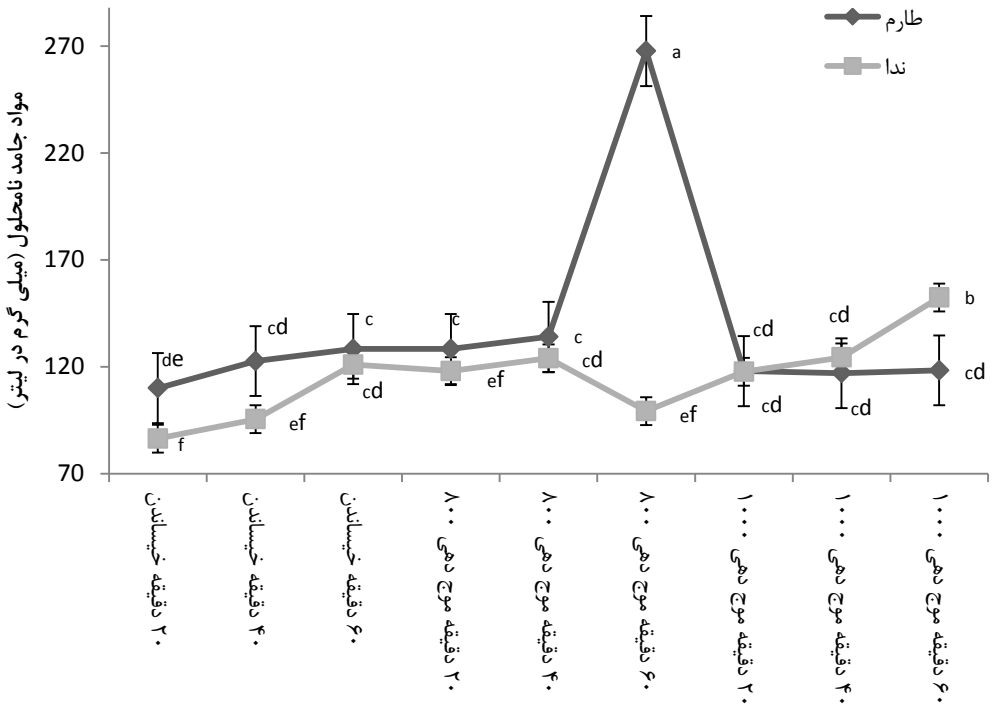
شکل۳- اثر رقم بر میزان TDS

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 میلی-گرم در لیتر) مشاهده شد (شکل۴).

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 ۱۰۰۰وات عکس این حالت رخ داد که با توجه به نتایج مطالعه (نصیرپور و همکاران، ۱۳۹۳) علت بالاتر بودن فاکتور TDS در رقم طارم را می توان به محتوای پائین آمیلوز و پروتئین و خروج ماده خشک بیشتر نسبت داد (شکل ۵).



شکل۴- اثر تیمار بر میزان TDS



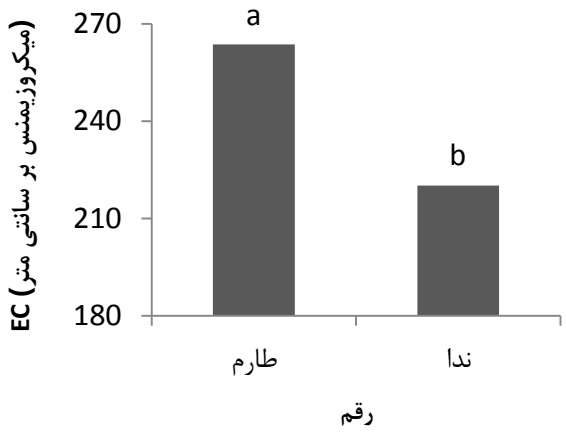
شکل ۵- اثر متقابل رقم برنج و تیمار بر میزان TDS

به طور کلی میزان جذب رطوبت در ابتدای عملیات سریع و با گذشت زمان کند شده و میزان خروج مواد جامد محلول برنج افزایش می یابد که بر اساس نتایج (Yildrim *et al.*,2015) خروج مواد جامد محلول در مسیر معکوس جذب آب بوده و به عنوان عاملی مقاوم در مقابل جذب آب عمل می نماید 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 می شود و عامل این پدیده انتشار می باشد.

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 دراین 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 می باشد. 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 می آید.

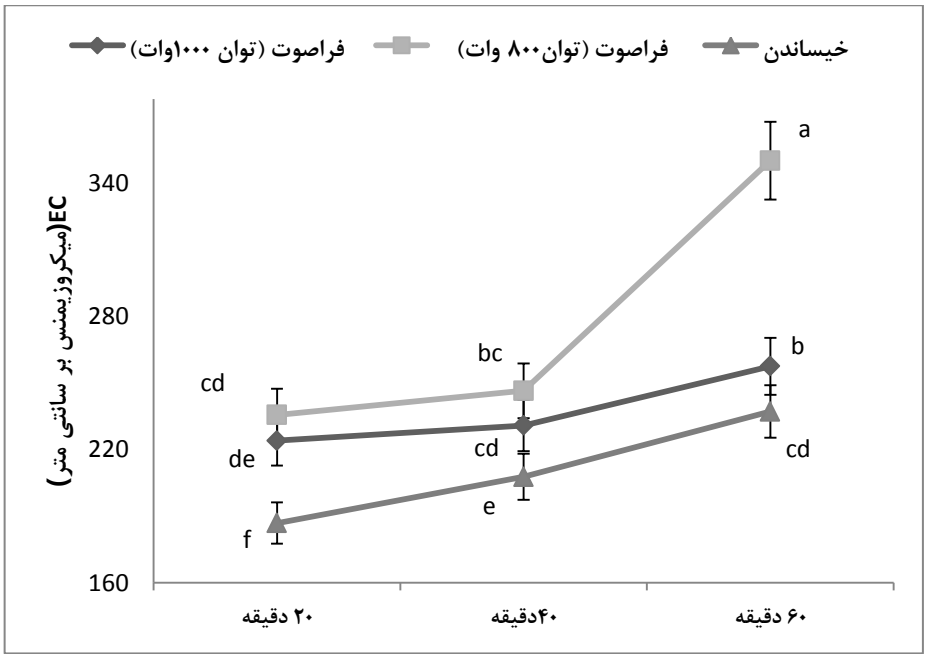


شکل ۶ - اثر رقم بر میزان EC

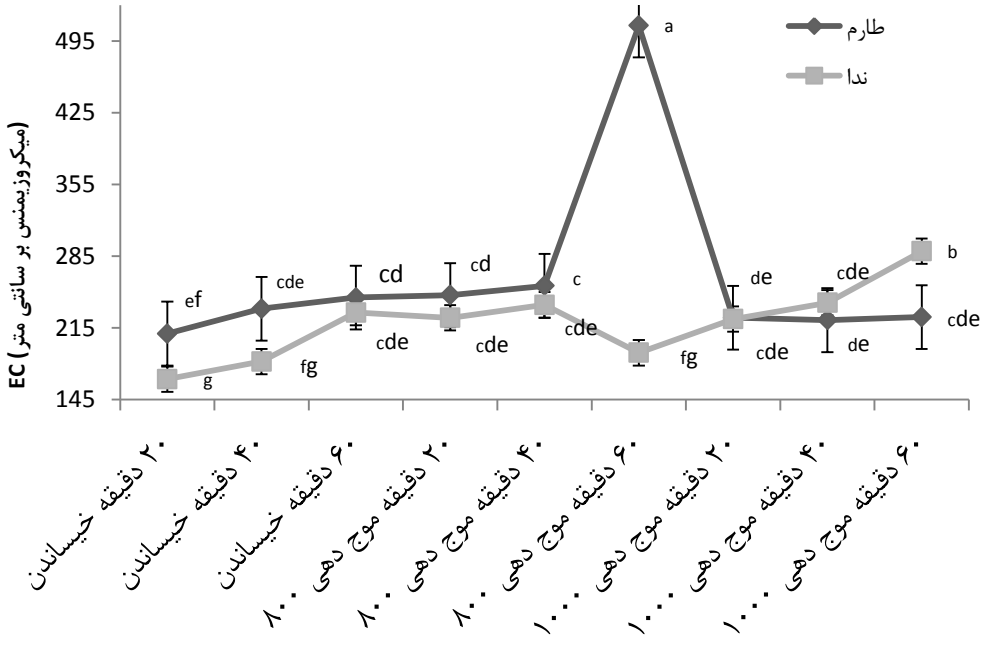
میانگین داده‌های مربوط به تیمار نشان داد که با افزایش زمان خیساندن و موج‌دهی، **EC** برنج افزایش یافت؛ به طوری که بیش‌ترین میزان **EC** برنج در این آزمایش در تیمار ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۸۰۰ وات (۳۵۰/۳۲ میکروزمینس بر سانتی‌متر) مشاهده شد. کم‌ترین آن نیز در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن (۱۸۶/۹۳ میکروزمینس بر سانتی‌متر) 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 میکروزمینس بر سانتی‌متر) مشاهده شد. کم‌ترین **EC** برنج نیز در رقم ندا در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن (۱۶۴/۷۳ میکروزمینس بر سانتی‌متر) مشاهده شد؛ اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۴۰ دقیقه خیساندن و ۶۰ دقیقه

موج‌دهی ۸۰۰ وات نداشت. با توجه به اینکه حضور مواد جامد محلول معدنی (الکترولیت ها) مانند نیترات و آنیون های کلرید، فسفات ،سولفات و یا کاتیونهای سدیم، منیزیم، کلسیم، آهن، آلومینیوم بر هدایت الکتریکی آب تاثیر گذاشته و همچنین مواد معدنی عمده برنج فسفر،پتاسیم، منیزیوم، منگنز، کلسیم، آهن، روی و مس می باشد. نتایج نشان داد که با افزایش توان فراصوت و زمان موج دهی، افزایش قابل توجهی در خروج الکترولیت ها 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 ۱۰۰۰وات عکس این حالت رخ داد (شکل ۸).



شکل۷- اثر تیمار بر میزان EC



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

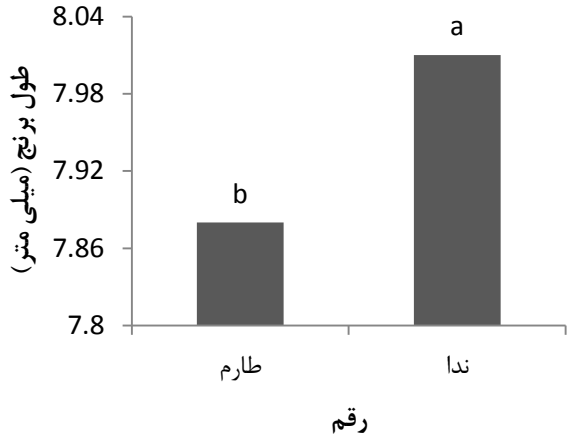
نتایج شاخص طول برنج:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به طول برنج نشان داد که طول برنج تحت تأثیر رقم، تیمار و اثر متقابل رقم و تیمار در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. میانگین داده‌های مربوط به رقم نشان داد که دو رقم تفاوت معنی‌داری در میزان طول برنج داشتند؛ به طوری که بیش‌ترین میزان طول برنج در رقم ندا مشاهده شد (شکل۹).

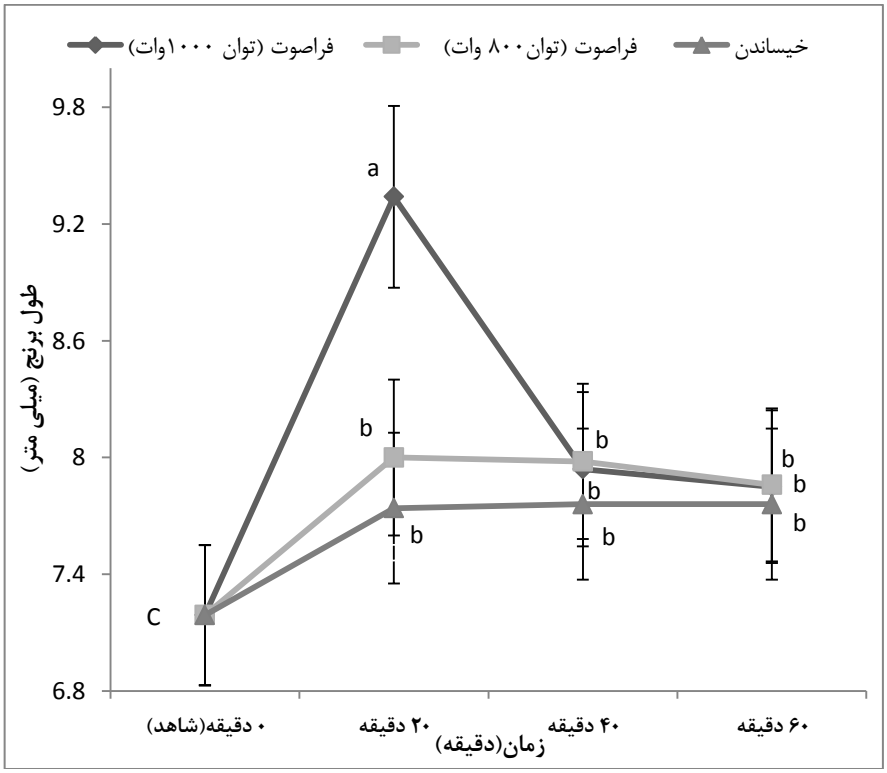
میانگین داده‌های مربوط به تیمار نشان داد که بیش‌ترین میزان طول برنج در تیمار ۲۰ دقیقه موجدهی ۱۰۰۰ وات (۹/۳۴ میلی‌متر) مشاهده شد(جدول ۳). کم‌ترین میزان طول برنج نیز در تیمار شاهد (برنج خشک) (۷/۱۹ میلی‌متر) مشاهده شد و بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. با افزایش زمان موجدهی از ۲۰ به ۴۰ دقیقه در تیمار فراصوت ۱۰۰۰ وات، طول برنج کاهش معنی‌داری یافت و در بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل۱۰).

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

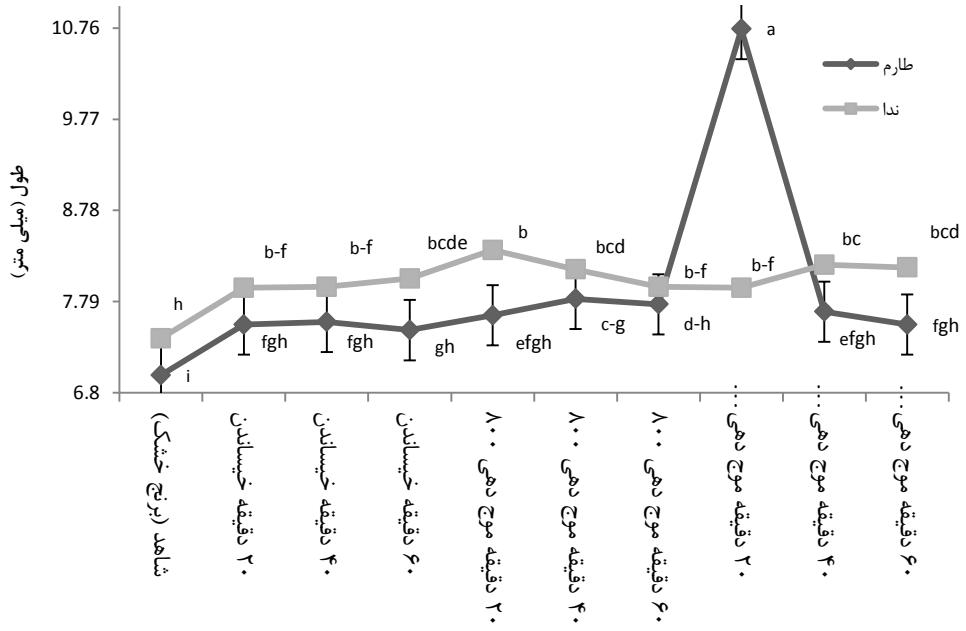
تا کنون درباره تأثیر زمان فرآیند فراصوت قدرتی برخصوصیات فیزیکی برنج نتایجی گزارش نشده است اما براساس نتایج Ahromrit *et al.* (2006) با افزایش زمان خیساندن برنج نسبت طول به قطر افزایش یافته که این تغییرات در مراحل ابتدایی خیساندن به علت نفوذ آب بیشتر بوده بطوریکه تغیرات طول به قطر افزایش می یابد که براساس 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.



شکل۹- اثر رقم بر طول برنج



شکل ۱۰- اثر تیمار بر طول برنج



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

لازم به ذکر است که در اثر فرآیند فراصوت پدیده حفرگی یا تشکیل حباب های بسیار ریز اتفاق می افتد که انفجار این حباب ها سبب حرکت دورانی حباب های مجاور شده که این امر به نوبه خود با ایجاد ریزجریان هایی در محیط و تخریب دیواره سلول ها باعث افزایش شکافها در دانه برنج گردیده و منجر به افزایش سرعت انتقال حرارت و جرم (به علت پر شدن شکاف‌های موجود در دانه برنج) می شود و در نهایت طول زیاد می گردد (Barbosa *et al.*,2005; Horigane,1999) .

جدول شماره ۳ اثر تیمارهای مختلف فراصوت درزمانهای 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 در آب و جذب آب افزایش یافت(Majzoobi *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 می توان به محتوای پائین آمیلوز و پروتئین و خروج ماده خشک بیشتر نسبت داد (Nasirpoor *et al.*,2014).

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

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

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

میانگین داده‌های مربوط به تیمار نشان داد که با افزایش زمان خیساندن و موج‌دهی، TDS و EC برنج افزایش یافت؛ به طوری که بیش‌ترین میزان TDS و EC برنج در تیمار ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۸۰۰ وات مشاهده شد. کم‌ترین میزان آن‌ها نیز در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن مشاهده شد. برهمکنش رقم و تیمار نیز نشان داد که بیش‌ترین TDS و EC برنج در رقم طارم در تیمار ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۸۰۰ وات (۲/۷۴ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد. کم‌ترین میزان آن‌ها نیز در رقم ندا در تیمار ۲۰ دقیقه خیساندن (۸۶/۴ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد؛ اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۴۰ دقیقه خیساندن و ۶۰ دقیقه موج‌دهی ۸۰۰ نداشتند. در تیمارهای خیساندن و موج‌دهی ۸۰۰ وات میزان TDS در رقم طارم نسبت به ندا بیش‌تر بود.

بیش‌ترین میزان طول برنج در رقم ندا مشاهده شد. میانگین داده‌های مربوط به تیمار نیز نشان داد که بیش‌ترین میزان طول برنج در این آزمایش در تیمار ۲۰ دقیقه موج‌دهی ۱۰۰۰ وات مشاهده شد. کم‌ترین میزان آن‌ها نیز در تیمار شاهد (برنج خشک) مشاهده گردید و بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری 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.

کم‌ترین میزان آن‌ها نیز در رقم طارم در تیمار شاهد

(برنج خشک) مشاهده شد. با توجه به مطالعه سویی و همکاران (۲۰۱۰) تیمار فراصوت سبب افزایش قابل توجهی در حجم برنج قهوه ای گردید می توان 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 طوریکه 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 افزایش یافت در نتیجه خروج مواد جامد نامحلول در مسیر معکوس جذب آب می تواند 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 فیزکی 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 می باشد که می تواند به عنوان یک روش کارآمد در خیساندن برنج در زمان کمتر برای حفظ ارزش تغذیه ای آن مد نظر قرار گیرد.

REFRENCES

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. & Niranjan, k. (2006).high pressure induced water uptake characteristice 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 Creals, Legume, Fruits, Vegetables Postharvelt. Yvarian Press. First Edition(In Farsi).

Barbosa, G. & Tapia, M. (2005) Novel Food Processing Technologies. NewYork: CRC

Basiri, S., Shahidi, f., kadkhodaii, 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 (Oryze sativa cv. Koshihicari) 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*

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. (2O10). Modeling of water absorption of ultrasound applied chickpeas (Cicer arietinum L.) using Peleg's equation. *Journal of Agricultural Sciences*, 16 (4), 278-286.

Yildrim, 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 PropertiesInternational Journal of Food Properties, 18(6), 1359-1372.*

Zamani, G. M. & Alizadeh, M. (2009). *recognize Iranian rice*. Tehran: Pelk. (In Farsi).