

مطالعه تاثیر پارامترهای توان، حجم و شوری بر گرمایش آبشور در یک سامانه آب

شیرین کن مایکروویو

حمید خفاجه^۱، احمد بناکار^{۲*}، محمدهادی خوش تقاضا^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

^۲ استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

^۳ دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

*نویسنده مسئول:

احمد بناکار، شماره تماس: ۰۹۱۷۱۳۳۷۱۵۱

پست الکترونیکی: ah_banakar@modares.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۱۱

چکیده

افزایش روز افزون کاربردهای امواج مایکروویو سبب شده است مطالعات زیادی در مورد اثرات این امواج بر گرمایش و پیش گرمایش انجام گیرد. از امواج مایکروویو می‌توان جهت پیش گرمایش و گرمایش آب برای آب شیرین کن‌ها استفاده کرد. در این بررسی، به منظور طراحی سامانه پیش گرمایش مایکروویو در آب شیرین کن خورشیدی، بررسی تاثیر امواج مایکروویو و تاثیر چهار سطح شوری (۰، ۱۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۳۰۰۰۰ ppm)، سه حجم (۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ ml) و سه توان (۲۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ watt) بر زمان گرم کردن در سه تکرار از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر فاکتورهای توان، حجم و شوری و همچنین تمامی اثرات متقابل در سطح ۱٪ معنادار شده است. با افزایش توان سرعت گرم شدن بیشتر افزایش یافت، برای مرحله نهایی ساخت بهتر است از توان بیشینه برای مایکروویو استفاده شود. همچنین با افزایش شوری به بالاتر از ۱۰۰۰۰ ppm سرعت گرم شدن کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد این سامانه برای آب‌های لب شور مناسب‌تر است.

کلمات کلیدی: آب شور، آب شیرین کن، گرم کن مایکروویو

۱- مقدمه

در مناطق روستایی دورافتاده می‌باشند؛ اما به دلیل هزینه بالا و بازده کم این روش، تنها در موارد خاص مورد استفاده قرار گرفته است (Sampathkumar *et al.*, 2010). یکی از مورد توجه‌ترین راهکارها جهت بالا بردن بازده این نوع آب شیرین کن پیش گرمایش آب می‌باشد. یکی از انواع پیش گرمایش جذب کننده‌ها

با توجه به افزایش سرسام آور جمعیت جهان و تقاضا برای مصرف آب یک از روش‌های تامین آن شیرین کردن آب یا نمک زدایی است. در بین روش‌های شیرین کردن آب سامانه‌های تقطیر خورشیدی اقتصادی‌تر و در دسترس‌تر از سایر روش‌ها به خصوص

مدت مواجه شدن اثرات مختلف بیولوژیکی ایجاد می‌کنند (Shabaniclues., 2000). کریمی و همکاران تاثیر آب تیمار شده با حرارت و مایکروویو را بر روی وزن بلدرچین مورد آزمایش قرار دادند (Karimi et al., 2012). یکی از کاربردهای گرمایش مایکروویو در آب شیرین کن می‌باشد (Stephen., 1968). در حال حاضر مانع‌های اصلی برای استفاده بیشتر مایکروویو در فرآوری مواد غذایی، قیمت نسبتاً بالای خطوط تولید و فقدان دانش در ارتباط با رفتار دی الکتریک غذاهاست که برای طراحی و بهینه سازی خطوط فرآوری به وسیله مایکروویو ضروری می‌باشد (Barrett et al., 2005).

با توجه به پیشینه پژوهش برای استفاده از پیش گرمایش و یا گرمایش آب مصرفی آب شیرین‌کن‌ها توسط امواج مایکروویو، در این تحقیق برای طراحی و بهینه سازی پیش گرمایش مایکروویو برای یک دستگاه آب شیرین کن خورشیدی اثرات مختلف میزان شوری، توان و همچنین حجم آب ورودی را در گرمایش آب با مایکروویو مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

در این آزمایشات برای انجام عملیات پیش گرمایش از یک دستگاه مایکروویو مدل (SAMSUNG, model: ME3410 W) استفاده شد. توان خروجی این مایکروویو توسط کنترل دوره کار (Duty Cycle Control) در فواصل ۱۰۰ واتی قابل تنظیم است. از یک ظرف شیشه‌ای پیرکس ۶۰۰ میلی لیتر برای گرم کردن آب در داخل محفظه مایکروویو استفاده شد. برای تهیه نمونه‌های آب با شوری‌های مختلف از مخلوط

هستند که حرارت به گونه‌ی مستقیم به کمک یک جذب کننده به آب شیرین کن انتقال می‌یابد و این موجب افزایش میزان تبخیر می‌گردد (Valipor et al., 2010). زینب و همکاران به منظور افزایش عملکرد یک سیستم آب شیرین کن خورشیدی، از یک متمرکز کننده سهموی با لوله کانونی و مبدل حرارتی استفاده کرده‌اند (Zeinab at al., 2007). منتظری و همکاران از یک سامانه پیش گرمایش آینه سهموی و صفحه چگالنده دوجداره برای آب شیرین کن خورشیدی فتوولتاییک استفاده کردند که باعث افزایش ۲۲ درصدی در میزان تولید در ماه فروردین شد (Motazeri et al., 2012). آسیری و همکاران از روش گرمایش اهمی به‌عنوان روش جایگزین استفاده از بخار برای فرآیند نمک‌زدایی آب دریا استفاده کردند (Assiry et al., 2010). با توجه به اینکه انرژی امواج مایکروویو جهت گرم کردن مواد غذایی، خشک‌کن‌ها و ... در بسیاری از تحقیقات گزارش گردیده است، در این تحقیق از امواج مایکروویو جهت پیش گرمایش استفاده شد. موج مایکروویو جزو امواج الکترومغناطیسی است که پهنای باند آن‌ها ۳۰۰ MHz تا ۳۰۰ GHz می‌باشد؛ اما معمول‌ترین بسامدهای مورد استفاده ۹۱۵ MHz و ۲۴۵۰ MHz می‌باشند (Regier., &Schubert 2005). گرمایش مایکروویو دارای مزایای متعددی از قبیل افزایش سرعت گرم کردن، کنترل بسیار ساده‌تر سرعت گرمادهی، افزایش بازده تبدیل انرژی و ... اشاره کرد. از امواج مایکروویو در فرآیندهای گوناگونی چون گرم کردن، خشک کردن، پلیمریز و صنایع غذایی استفاده می‌شود (Regier., 2005&Schubert). امواج مایکروویو بسته به شدت فرکانس، نوع موج و طول

آب‌ها در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شد. سپس برای گرم کردن از یک ظرف شیشه‌ای پیرکس ۶۰۰ میلی لیتر در داخل محفظه مایکروویو استفاده شد و برای اندازه‌گیری دما ترموکوپل در وسط ظرف شیشه‌ای (راکتور) قرار داده شد. با روشن شدن مایکروویو دما و توان مصرفی در رایانه تا زمانی که دما به ۹۰ درجه سلسیوس برسد، ثبت می‌شد. سپس مدت زمان گرم شدن و برای هر تیمار محاسبه گردید.

۳- نتیجه و بحث

طبق جدول (۱) که نتایج تجزیه واریانس زمان را نشان می‌دهد اثر فاکتورهای توان، حجم و شوری و همچنین تمامی اثرات متقابل در سطح ۱٪ معنادار شده است.

۳-۱- مقایسه اثرات شوری و توان بر زمان گرایش

شکل (۱) اثرات متقابل شوری و توان را بر زمان گرمایش در یک بازه زمانی نشان می‌دهد. با توجه به شکل دو ناحیه آبی پررنگ که مربوط به توان بالای ۶۰۰ وات و شوری-کمتر از ۱۰۰۰۰ ppm و ناحیه مربوط به توان ۱۰۰۰ وات و شوری ۳۰۰۰۰ ppm است دارای کمترین زمان گرمایش می‌باشد. با افزایش توان گرمایش در شوری ثابت، زمان گرمایش کاهش می‌یابد و میزان شوری در توان‌های بالا تاثیر مشهودتری روی زمان گرمایش دارد.

در شکل (۲) نمودار زمان گرمایش در مقابل توان در شوری‌های مختلف رسم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود کمترین زمان گرمایش در توان‌های بالا و آب مقطر و برابر با ۰/۷۶ دقیقه و بیشترین زمان

کردن نمک طبیعی دریاچه ارومیه حاوی تمام ترکیبات موجود در آب دریاچه با آب مقطر، استفاده گردید. برای اندازه‌گیری مقدار نمک دریا از ترازوی دیجیتال (A&D GF-600, Japan) با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. برای اندازه‌گیری دمای آب داخل مایکروویو دماسنج لوترون (Lutron, TM-925, Taiwan) با دقت ۰/۱ درجه سلسیوس به کار برده شد که برای جلوگیری از نویز ناشی از امواج دور حسگر را با فویل آلومینیومی که امواج را منعکس می‌کند محافظت گردید. خروجی حسگر دما به رایانه متصل گردید و دما هر یک ثانیه ثبت شد. برای اندازه‌گیری توان مصرفی و مقدار ولتاژ و شدت جریان مصرفی مایکروویو از یک وات متر^{۲۹} مدل (Lutron, DW-6090-925, Taiwan) استفاده شد. خروجی وات متر با استفاده از کابل RS 232 به رایانه متصل گردید و توان هر یک ثانیه ثبت شد.

۲-۱- طرح آزمایش

برای بررسی زمان گرمایش طرح کاملاً تصادفی بر اساس آزمایش فاکتوریل اجرا گردید. آزمایش‌ها در ۴ سطح شوری ۰، ۱۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۳۰۰۰۰ ppm، سه سطح توان ۲۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ وات و سه سطح حجم آب ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی لیتر (cc) در سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 و MINITAB14 انجام گردید و کلیه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند. ابتدا آب با شوری‌های مختلف با استفاده از آب مقطر و اضافه کردن نمک دریا به آن تهیه و پیش از شروع آزمایش تمام

^۱Power Analyzer

گرمایش در توان‌های پایین و شوری‌های بالا برابر با ۶۳/۸۷ دقیقه برای دمای ۹۰°C بدست آمد. علاوه بر آن با افزایش توان گرمایش از ۰ تا حدود ۷۰۰ W، زمان گرمایش در تمام شوری‌ها کاهش یافته و در محدوده ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ W زمان گرمایش دوباره روند صعودی به خود می‌گیرد. همچنین با توجه به شیب نمودار در میزان شوری بالا و پایین و مقایسه آن‌ها با یکدیگر می‌توان دریافت که تغییرات زمان گرمایش در مقادیر کمتر شوری، کمتر از مقادیر بیشتر شوری می‌باشد که نشان از تاثیر بیشتر شوری بر زمان گرمایش در مقادیر بیشتر آن است. به عبارت دیگر میزان شوری در مقادیر بالایش، تاثیر بیشتری بر زمان گرمایش داشته است.

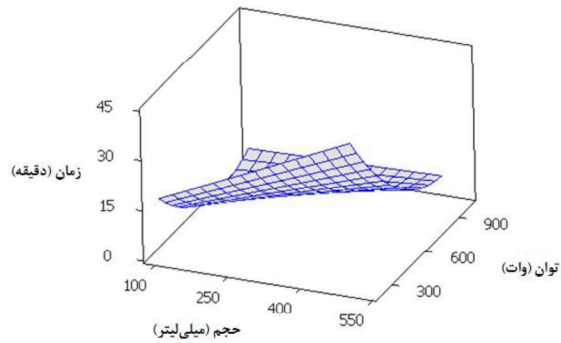
۳-۲- مقایسه اثرات حجم و توان بر زمان گرمایش
 شکل‌های (۳) و (۴) اثرات متقابل حجم و توان را بر زمان گرمایش در یک بازه زمانی نشان می‌دهند. با توجه به شکل‌ها، در سطوح حجم بالاتر و توان کمتر بیشترین مدت زمان برای گرمایش آب شده است در حالیکه در سطوح پایین‌تر حجم و توان بیشتر، مدت زمان کمتری برای گرمایش آب بدست آمد که امری طبیعی است. با افزایش حجم آب، انرژی بیشتری برای افزایش دمای آن تا مقدار معین مورد نیاز است که در توان ثابت زمان گرمایش را افزایش می‌دهد. با کاهش توان نیز انرژی کمتری در واحد زمان به آب منتقل می‌گردد که این امر نیز زمان گرمایش تا دمای معین را افزایش خواهد داد.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس تاثیر توان، حجم و شوری بر زمان گرمایش

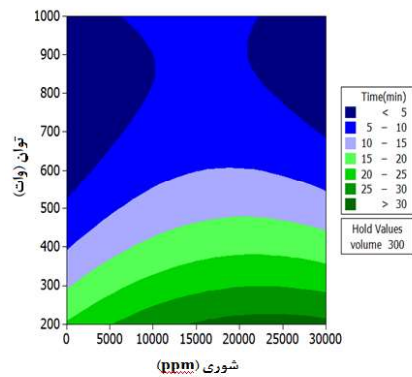
Table 1: Analysis of variance of the power, volume and salinity on the heating

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)
توان	۲	۱۱۷۵۷/۰۱۵**
حجم	۲	۳۴۰۲/۷۱۵**
شوری	۳	۳۰۰/۲۰۴**
توان×حجم	۴	۲۶۳۶/۱۱۱**
توان×شوری	۶	۱۳۷۴/۳۱۲**
حجم×شوری	۶	۴۴۴/۶۷۰**
توان×حجم×شوری	۱۲	۶۲۲/۶۶۰**
خطا	۷۲	۹۵/۳۲۷**
کل	۱۰۸	

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪



شکل ۴: تاثیر حجم و توان بر زمان گرمایش آب
Figure 4: Effect of volume and power on water heating time



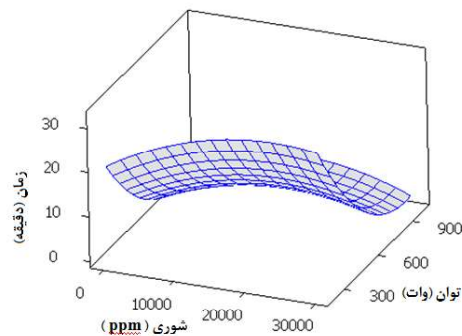
شکل ۱: تاثیر شوری و توان بر زمان گرمایش آب
Figure 1: Effect of salinity and power on water heating time

۳-۳- مقایسه اثرات حجم و شوری بر زمان

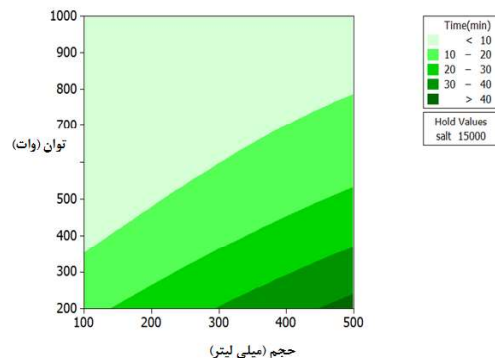
گرمایش

تاثیر حجم و شوری بر زمان گرمایش آب در اشکال (۵) و (۶) نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد که با افزایش حجم آب در تمام مقادیر شوری، مدت زمان گرمایش نیز افزایش می‌یابد.

همچنین مشخص است که با افزایش شوری زمان گرمایش ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد که نقطه اکسترمم این تغییر در حجم‌های متفاوت آب تغییر می‌کند. البته این نوع تاثیر شوری در زمان گرمایش در حجم‌های بیشتر آب محسوس‌تر است زیرا شیب تغییرات زمان گرمایش شدیدتر است. بنابراین می‌توان دریافت که سطوح بالای شوری، زمان گرمایش را بیشتر تحت تاثیر خود قرار می‌دهد و اگر مقدار شوری کمتر باشد بر زمان گرمایش نیز تاثیر کمتری خواهد گذاشت. بیشترین زمان گرمایش در حجم ۵۰۰ و شوری ۱۰۰۰۰، برابر با ۶۳/۸۷ دقیقه و کمترین آن در حجم ۲۰۰ و شوری ۰ برابر با ۰/۷۶ دقیقه اندازه‌گیری شد.

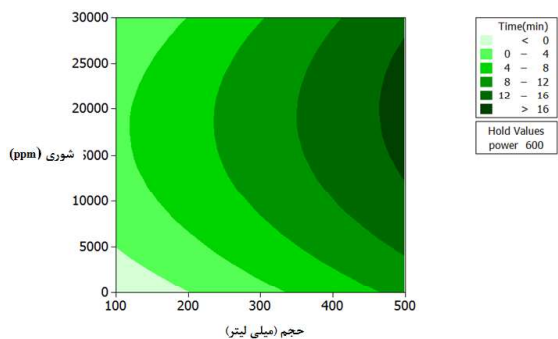


شکل ۲: تاثیر شوری و توان بر زمان گرمایش آب
Figure 2: Effect of salinity and power on water heating time

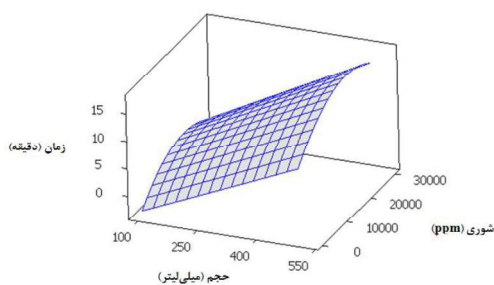


شکل ۳: تاثیر حجم و توان بر زمان گرمایش آب
Figure 3: Effect of volume and power on water heating time

و میزان شوری بود. نتایج آن‌ها حاکی از این بود که با افزایش حجم و شوری سرعت حرارت دهی کاهش می‌یابد و با افزایش توان سرعت حرارت دهی افزایش می‌یابد. سرعت حرارت دهی در روش گرمایش اهمیک برای آب شور ۰/۶۹ تا ۶/۲۲ °C/s بدست آمده است. غلظت بالاتر و میدان الکتریکی قوی‌تر در این روش سرعت حرارت‌دهی بیشتری را موجب می‌گردد که البته با مصرف توان بالاتری نیز همراه است (Assiry *et al.*, 2010).



شکل ۵: تاثیر حجم و شوری بر زمان گرمایش آب
Figure 5: Effect of volume and salinity on water heating time



شکل ۶: تاثیر حجم و شوری بر زمان گرمایش آب
Figure 6: Effect of volume and salinity on water heating time

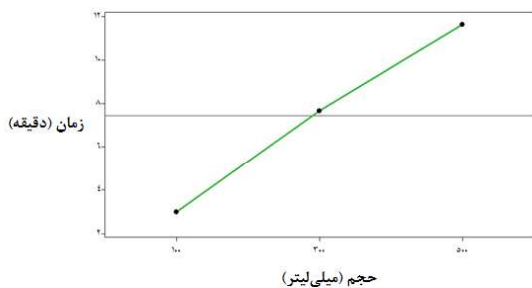
شکل (۷) رابطه بین دمای آب و زمان گرمایش را نشان می‌دهد. پر واضح است که افزایش دمای نهایی، انرژی مورد نیاز برای رساندن دما از مقدار اولیه به مقدار نهایی را افزایش داده و در نتیجه در توان ثابت، مدت زمان گرمایش خواهد یافت. شکل (۸) رابطه بین شوری و زمان گرمایش را نشان می‌دهد. با افزایش شوری از مقدار صفر تا ۱۰۰۰۰ ppm زمان گرمایش افزایش می‌یابد و در واقع روند صعودی دارد. اما بعد از شوری ۱۰۰۰۰ ppm، افزایش شوری تغییری در زمان گرمایش نمی‌دهد و مقدار آن ثابت است.

شکل (۹) تاثیر توان بر زمان گرمایش را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است افزایش توان باعث افزایش انرژی ورودی به آب شده و دمای آب را سریعتر به دمای مورد نظر می‌رساند. به عبارت دیگر بین توان و زمان گرمایش رابطه معکوس وجود دارد.

در شکل (۱۰) رابطه بین حجم و زمان گرمایش نشان داده شده است. مشخص است که هر چقدر حجم آب بیشتر باشد انرژی بیشتری برای رساندن دمای اولیه به مقدار مطلوب مورد نیاز می‌باشد و بنابراین در توان ثابت، مدت زمان لازم برای رسیدن به دمای مورد نظر از مقدار اولیه افزایش خواهد یافت. به طور خلاصه بین حجم و زمان گرمایش رابطه مستقیمی وجود دارد.

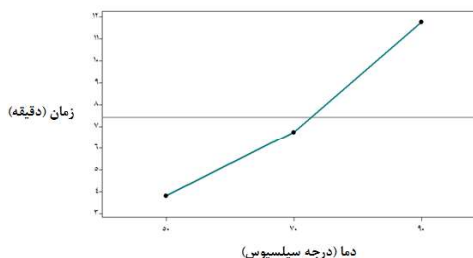
۳-۴- سرعت حرارت دهی

در این تحقیق با توجه به اینکه زمان گرمایش آب از دمای ۲۰ درجه سلسیوس به دمای ۹۰ درجه سلسیوس می‌رسید، سرعت حرارت دهی محاسبه گردید. محدوده سرعت حرارت‌دهی ۰/۱۸۳ تا ۱/۵۳۱ °C/s بود که وابسته به توان خروجی مایکروویو، حجم



شکل ۱۰ رابطه بین حجم و زمان گرمایش

Figure 10: The relationship between volume and heating time



شکل ۷ رابطه بین دمای آب و زمان گرمایش

Figure 7: The relationship between water temperature and heating time

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از ارزیابی اثرات مختلف میزان شوری، حجم، و توان در پیش گرمایش با میکروویو به شرح زیر می‌باشد:

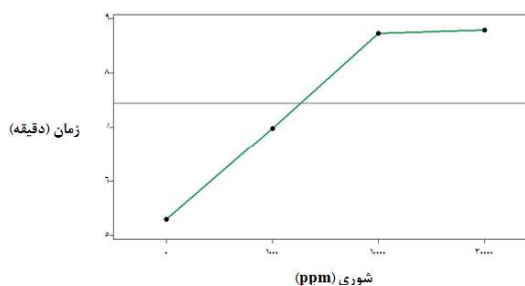
۱- با افزایش توان سرعت گرم شدن با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد؛ در نتیجه برای مرحله نهایی ساخت بهتر است از توان بیشینه برای میکروویو استفاده شود.

۲- بیشترین زمان گرمایش در حجم ۵۰۰ و شوری ۱۰۰۰۰، برابر با ۶۳/۸۷ دقیقه و کمترین آن در حجم ۲۰۰ و شوری ۰ برابر با ۰/۷۶ دقیقه اندازه‌گیری شد.

۳- با افزایش شوری به بالاتر از ۱۰۰۰۰ ppm سرعت گرم شدن کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد این سامانه برای آب‌های لب شور مناسب‌تر است.

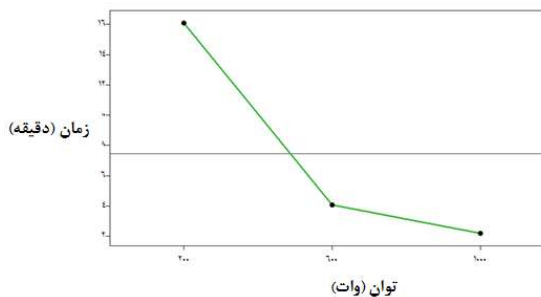
۴- سرعت حرارت‌دهی ۰/۱۸۳ تا ۱/۵۳۱ °C/s بود که وابسته به توان خروجی میکروویو، حجم و میزان شوری بود.

با توجه به نتایج در طراحی سامانه پیش گرمایش از حداکثر توان خروجی و حجم ۵۰۰ میلی لیتر و آب‌های لب شور استفاده شد.



شکل ۸ رابطه بین شوری و زمان گرمایش

Figure 8: The relationship between salinity and heating time



شکل ۹ رابطه بین توان و زمان گرمایش

Figure 9: The relationship between power and heating time

۵- فهرست منابع

1. Amir bigi, H. 2002. Pricipal of Water treatment and Sanitation, Andisheye rafi Publication.(in Farsi with English Summary).
2. Assiry, A. M., Gaily, M. H., Alsamee, M., Sarifudin, A. 2010. Electrical conductivity of seawater during ohmic heating. **Desalination**, 260. Pp 9-17
3. Barrett, D. M., Somogyi, L., Ramaswamy, H. (2004). Processing Fruits. 2nd ed. **United States of America**, CRC Press LLC.
4. Karimi, b., Karimi Torshizi, M.A., 2012. Effect of water and microwave heating on body weight, organ weights and immune response of Japanese quail. **First national seminar on the art market, quail**, Yazd, Iran. (in Farsi with English Summary)
5. Montazeri, M., Banakar, A. and Ghobadian, B. 2013. Design and Evaluation of a New Absorber Plate for Cascade Solar Still. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, 3(15): 1666-1675.
6. Nüchter, M., Ondruschka, B., Bonrath, W. and Gum, A. 2004. **Microwave assiste synthesis—a critical technology overview**. Green Chem. Pp141-128.
7. Ohlsson, T., and Bengtsson, N. 2002. Minimal processing technologies in the food industry. **1st ed. Woodhead Publishing Limited and CRC Press**, LLC
8. Sampathkumar, K., Arjunan, T., Pitchandi, P. and Senthilkumar, P. 2010. Active solar distillation- A detailed review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 14: 1503-1526.
9. Schubert, H., and Regier, M. 2005. The microwave processing of foods. **1st ed Woodhead Publishing Limited**, Pp 1–110.
10. Shabaniclues, AS. (2000). Bread Baking via short wave and the possibility of important parameters. **Master's thesis**, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (in Farsi with English Summary)
11. Stephen, H. 1968. Microwave Heating in the Desalination of Water Nesbitt, **massachusetts Ave.**
12. Venkatesh, M.S., and Raghavan, G.S.V. 2004. An Overview of Microwave rocessing and Dielectric Properties of Agri-food Materials: **Review Paper. Biosystems Engineering**, Pp1–18
13. Zeinab, S., Abdel-Rehima. Ashraf Lasheen. 2007. Experimental And Theoretical Study of a Solar Desalination System Located in Cairo, Egypt. **Desalination**, 217: 52–64.

Study of Power, Volume and Salinity on Brackish Heating in a Microwave Desalination System

H. Khafajeh¹, A. Banakar^{2*}, M. H. Khoshtaghaza³

1- M.Sc Student of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2- *Corresponding author: Assistant Prof. of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

3- Associate Prof. of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 2013-07-02 Accepted: 2013-11-11

Abstract

Increasing number of Microwave radiation applications has led to many studies on the effects of microwave radiation on the heating. Microwave can be used for pre-heating and heating of water for desalination systems, greenhouses and poultries. In this study, the effects of four salinity levels (0, 1000, 10000 and 30000 ppm), volume in three levels (100, 300 and 500 ml) and power at three levels (200, 600 and 1000 watts) and on the time of heating a completely randomized factorial experiment with three replications was used. The variance analysis showed that the effect of power, volume and salinity as well as all interaction were significant at the 1% level. By increasing power the rate of water heating is increased. Increasing salinity more than 10000 ppm decrease the speed of heating that means this system is better for brackish water.

Keywords: *microwave preheating, salinity, production rate and efficiency*