آب شیرین‌کن خورشیدی با پیش گرمایش 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، ah_banakar@modares.ac.ir
۳- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

تامین آب قابل شرب امروزه یکی از معضلات اصلی کشورها بوده و از طرفی منابع قابل دسترسی رو به کاهش می‌باشد، در برخی از مناطق بدلیل کمبود بارندگی و عدم دسترسی به منابع سطحی و زیر زمینی آب شیرین، احداث سد و یا حفر چاه به حل این معضل کمکی نخواهد کرد، بنابراین روش‌های نظیر شیرین کردن آب دریاها و آب‌های شور مطرح می‌شود. روش‌های مختلفی برای شیرین سازی آب‌های شور وجود دارند که از میان آنها دستگاه‌های تقطیر خورشیدی می‌توانند راه حل مناسبی برای مناطق کم جمعیت که از شدت تابش خورشیدی کافی برخوردار هستند باشند. در این تحقیق آب‌شیرین‌کن خورشیدی خودکار از نوع آبشاری پله‌ای با پیش گرمایش مایکروویوطراحی و ساخته شده‌اند. در این بررسی، نتایج نشان داد که میزان تولید روزانه آب شیرین در حالت بدون پیش گرمایش ۱/۲ کیلوگرم و بازده کلی دستگاه ۲۴٪ در ماه فوریه می‌باشد. در حالت استفاده از پیش گرمایش میزان تولید روزانه ۳/۵ کیلوگرم و بازده کلی سامانه ۵۳٪ رسید.

کلمات کلیدی: آب شیرین کن آبشاری،انرژی خرشیدی، پیش گرمایش، مایکروویو

مقدمه

با توجه به افزایش سرسام آور جمعیت جهان، تقاضا برای مصرف آب به طور چشم‌گیری افزایش یافته است، به طوری که تامین آب شرب امروزه به یکی از معضلات اصلی کشورها تبدیل شده است. از طرفی منابع آب قابل دسترس رو به کاهش می‌باشد و از طرف دیگر، در برخی مناطق بدلیل خشکسالی ناشی از کمبود بارندگی و عدم دسترسی به منابع آب شیرین سطحی و زیر زمینی، حفر چاه نیز کمکی به حل این مشکل نخواهد کرد. بنابراین، روش‌های دیگری نظیر شیرین کردن آب یا نمک زدایی، که از قدیم نیز مورد توجه بشر بوده، باید مورد توجه قرار گیرد. اما به دلیل هزینه بالا و بازده کم این روش، تنها در موارد خاص مورد استفاده قرار گرفته است (امیر بیگی، ۱۳۸۲). روش‌های معمول شیرین‌سازی آب که بیشتر برای ظرفیت‌های بالا کاربرد دارند، شامل تقطیر ناگهانی چند مرحله‌ای[۱](MSF)، تقطیر چند مرحله‌ای[۲](ME)، تراکم بخار[۳](VC) و تراوش معکوس[۴](RO) هستند؛ اما در بخش‌های

[1]Multi-Stage Flash

وسیعی از کشور نیاز به تولید آب شیرین به صورت متمرکز و در ظرفیت‌های بالا وجود ندارد، بخصوص در نقاط کوچک و کم جمعیت که ظرفیت‌های پایین، پاسخگوی نیاز هستند (قشقایی پور،۱۳۸۷).نکته دیگر این که روش‌های مزبور به طور نسبی انرژی زیادی مصرف می‌کنند وروش‌های گرمایی شامل TVC, MSF, ME نیازمند بخار مافوق داغ هستند. تامین انرژی مورد نیاز این روش‌ها در ظرفیت‌های پایین نیز با مشکلات فنی و اقتصادی همراه است. در بین این روش‌ها سامانه‌های تقطیر خورشیدی اقتصادی‌تر و در دسترس‌تر از سایر روش‌ها، به خصوص در مناطق روستایی دورافتاده می‌باشند (Sampathkumar *et al.*, 2010)با توجه به شرایط اقلیمی ایران، وضعیت فعلی منابع آب و افزایش تقاضای آب شیرین، بخصوص در مناطق جنوبی و مرکزی ایران، استفاده از تکنولوژی‌های نوین برای تامین آب شرب و کشاورزی از ضروریات کشور ایران می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸).از طرف دیگر انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع رایگان انرژی در بیشتر مناطقی که نیاز به شیرین‌سازی آب دارند، با شدت مناسبی در دسترس است. بنابراین، آب شیرین‌کن‌های خورشیدی یکی از مناسب‌ترین گزینه‌ها برای تولید غیر متمرکز آب شیرین هستند (Arjunan *et al.*, 2009). یکی از مورد توجه ترین راهکارها جهت بالا بردن بازده این نوع آب‌شیرین‌کن پیش‌گرمایش آب می‌باشد. یکی از انواع پیش گرمایش جذب کننده‌ها هستند که حرارت به گونه‌ی مستقیم به کمک یک جذب کننده به آب‌شیرین‌کن انتقال می‌یابد و این موجب افزایش میزان تبخیر می‌گردد(ولی پور طیبی و همکاران ۱۳۸۹). جهت بالا بردن بازده این نوع آب شیرین‌کن ها تحقیقات زیادی انجام گرفته است. یکی از مورد توجه ترین این روش‌ها پیش‌گرمایش آب می باشد. با توجه به اینکه انرژی امواج مایکروویو جهت گرم کردن مواد غذایی، خشک کن ها و ... در بسیاری از تحقیقات گزارش گردیده است، در این تحقیق از امواج مایکروویو جهت پیش گرمایش استفاده شد. امواج مایکروویو امواج الکترومغناطیسی هستند که پهنای باند آنها ۳۰۰ MHz تا ۳۰۰ GHz می‌باشد؛ اما معمول‌ترین بسامدهای مورد استفاده ۹۱۵ MHz و ۲۴۵۰MHz می‌باشند (Schubert and Regier, 2005).از ویژگی‌های جالب روش گرم کردن مایکروویو گرادیان دمای غیر معمولی آن است (شعبانی سرنخی، ۱۳۷۹).برای بالا بردن بازده آب‌شیرین‌کن خورشیدی با افزایش دمای ورودی به سامانه از یک سامانه پیش گرمایش مایکروویو به دلیل جذب انرژی بالای مایکروویو توسط آب شور (پلاریزاسیون یونی و چرخش دو قطبی) استفاده گردید. همچنین در این سامانه از یک سامانه کنترلی خودکار برای پیوسته کار کردن آب شیرین‌کن و پیش گرمایش مایکروویو و از یک سطح سنج جهت جلوگیری از ایجاد رسوب بر روی صفحه جاذب استفاده شد.

[2]Multi-Effect Distilation
[3]Vapor Compression
[4]Reverse-Osmoses

مواد و روش‌ها

محاسبه انرژی خورشید

در این تحقیق به محاسبه کل انرژی خورشیدی رسیده به سطح جمع کننده خورشیدی در طول روز پرداخت شده است.

بازده کلی آب‌شیرین‌کن در حالت راه‌اندازی فعال از رابطه زیر به دست می‌آید:

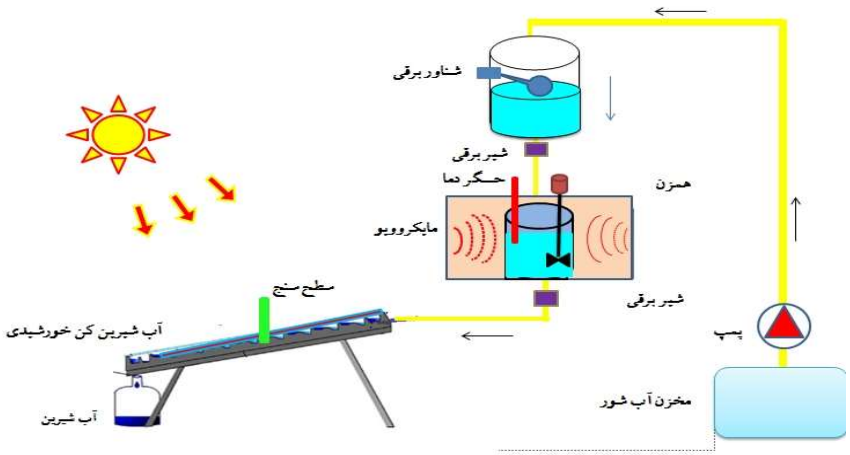
آب‌شیرین‌کن خورشیدی فعال:

(۱)

که در آن A_b، A_c، I_T و I'_T به ترتیب سطح صفحه جاذب آب‌شیرین‌کن، سطح جمع کننده خورشیدی، شدت تابش ورودی به سطح آب‌شیرین‌کن و شدت تابش ورودی به سطح جمع کننده خورشیدی می‌باشند(فیلی‌زاده، ۱۳۸۸).

ساخت دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی با پیش گرمایش مایکروویو

در سامانه طراحی شده شکل (۱)، اگر سطح آب صفحه جاذب پایین تر از سطح سنج باشد؛ سامانه کنترل، پمپ را روشن می‌کند تا مخزن بالای مایکروویو پر شود. با بالا آمدن آب مخزن، شناور برقی نیز بالا آمده و به سامانه دستور می‌دهد که پمپ قطع و همزمان شیر برقی بالا باز، و همزن و مایکروویو روشن شوند. سپس آب به داخل راکتور مایکروویو می‌ریزد. با گرم شدن آب، دمای آب نیز بالا رفته و زمانی که دما به حد تنظیم شده برسد، مایکروویو و همزن قطع و همزمان شیر برقی پایین باز شده و آب به داخل آب‌شیرین‌کن جاری می‌شود. این روند تا زمانی تکرار می‌شود که آب به سطح سنج برسد.



شکل ۱. شماتیک آب‌شیرین‌کن خورشیدی با پیش گرمایش مایکروویو

ساخت دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی

شکل (۲) دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی ساخته شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. اجزای تشکیل دهنده آن عبارتند از: صفحه جاذب، پوشش دستگاه (صفحه چگالنده)، قاب دستگاه و شاسی دستگاه.

شکل ۲. دستگاه آب شیرین‌کن خورشیدی ساخته شده

دستگاه پیش‌گرمایش مایکروویو

با توجه به بازده کم در آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی غیر فعال از سامانه پیش گرمایش مایکروویو استفاده شد. در این سامانه آب ورودی به دستگاه آب‌شیرین‌کن ابتدا توسط امواج مایکروویو گرم شده و باعث افزایش سرعت تبخیر در صفحه جاذب آب‌شیرین‌کن می‌شود. اجزای تشکیل دهنده سامانه پیش گرمایش عبارتند از: دستگاه مایکروویو، راکتور، مخزن، شیر برقی، شناور برقی، همزن، حسگر دما و شاسی. شکل (۳) سامانه‌ی پیش گرمایش مایکروویو ساخته شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

شکل ۳. سامانه پیش گرمایش مایکروویو

در این آزمایشات برای انجام عملیات پیش گرمایش از یک دستگاه مایکروویو مدل (SAMSUNG, model:ME3410 W) استفاده شد.در این سامانه از یک کارت DAQ مدل E–۲۱۸ ساخت شرکت ایران الکترونیک و رایانه جهت ارتباط بین حسگر سطح سنج، پمپ و سامانه‌ی پیش گرمایش مایکروویو استفاده گردید. برنامه نویسی این سامانه به وسیله ویژوال بیسیک است.

روش ارزیابی سامانه آب‌شیرین‌کن خورشیدی با پیش گرمایش مایکروویو

بعد از ساخت قسمت‌های مختلف دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی، مایکروویو، و مونتاژ کردن آن جهت انجام آزمایش‌ها، دستگاه در سایت آب شیرین‌کن خورشیدی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس قرار گرفت. به منظور ارزیابی قسمت‌های مختلف، آزمایش‌ها در بهمن ماه ۱۳۹۱ انجام شد.

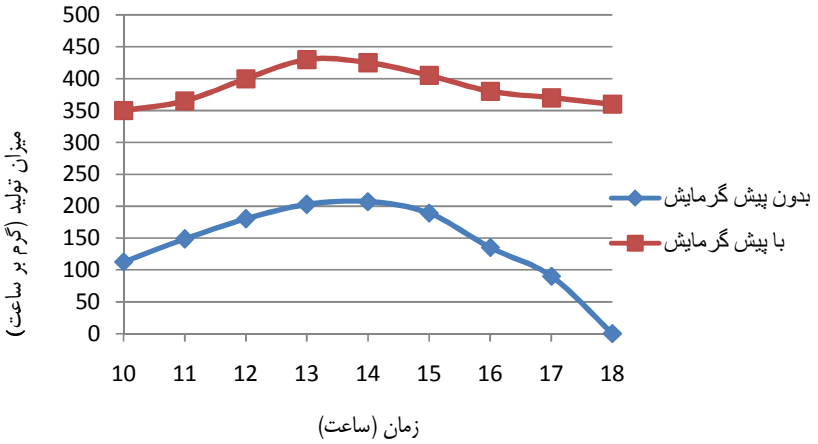
نتایج و بحث

اثر پیش گرمایش مایکروویو

در تمامی آزمایش‌های انجام شده میزان املاح آب ورودی به دستگاه یکسان و برابر با ۱۰۰۰۰ppm (آب لب شور) در نظر گرفته شد. در آزمایش، از دبی ۰/۲ kg/min (Montazeri *at al*., 2012) استفاده شد و میزان املاح آب خروجی کمتر از ۲۰ppm به‌دست آمد.

شکل (۴) روند تغییرات تولید آب شیرین در ساعات مختلف روز را در روش تجربی بدون پیش گرمایش و با پیش گرمایش مایکروویو نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که منحنی تولید ساعتی آب شیرین در حالت بدون پیش گرمایش به خاطر نسبت مستقیم با میزان انرژی خورشیدی، تغییرات مشابهی را با شدت تابش خورشید در طول روز دنبال می‌کند و بیشترین مقدار آن هنگام ظهر در ساعت ۱۳رخ می‌دهد. همچنین ملاحظه می‌شود بین مقادیر تولیدی در دو حالت، اختلاف چشمگیری وجود دارد، که این اختلاف فاحش به دلیل دمای بالای آب ورودی به دستگاه آب‌شیرین‌کن و همچنین رابطه مستقیم میزان بخار تولید شده با افزایش دمای آب شور می‌باشد. علاوه بر آن تغییرات میزان تولیدی در حالت با پیش گرمایش در طول روز ناچیز و ماکزیمم آن در هنگام ظهر رخ می‌هد، که این امر به دلیل ثابت بودن دمای آب پیش گرم شده (آب شور داخل مایکروویو تا حدود ۷۰ درجه سلیسیوس گرم می‌شود) ورودی به داخل آب‌شیرین‌کن است؛ و از آنجایی که دمای صفحه جاذب در ساعات اولیه آزمایش کمتر از دمای آب ورودی و در هنگام ظهر تقریبا برابر با دمای آب ورودی می‌باشد؛ بنابراین میزان تولید در ساعات اولیه آزمایش نسبت به ظهر کمتر است. همچنین در ساعات پایانی به دلیل اینکه صفحه جاذب داخل محفظه آب‌شیرین‌کن قرار گرفته و با محیط بیرون در تماس نمی‌باشد، در نتیجه اتلاف حرارتی آن به محیط کم و دمای صفحه جاذب با سرعت کمتری کاهش می‌یابد که این امر منجر به افزایش میزان تولید در ساعات پایانی آزمایش نسبت به ساعات اولیه می‌شود.

نتایج نشان داد که میزان تولید روزانه آب شیرین در حالت بدون پیش گرمایش ۱/۲ کیلوگرم و بازده کلی دستگاه ۲۴٪ می‌باشد و در حالت استفاده از پیش گرمایش میزان تولید روزانه ۳/۵ کیلوگرم و بازده کلی سامانه ۵۳٪ رسید؛ بنابراین استفاده از پیش گرمایش منجر به افزایش ۲۹۰٪ در میزان تولید و ۲۲۱٪ در بازده دستگاه در این تاریخ می‌شود.



شکل ۴. مقایسه میزان تولید ساعتی آب شیرین در حالت تئوری در حالت بدون پیش گرمایش و تجربی با پیش گرمایش (۲۵/۱۳۹۱/۱۱)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از ارزیابی سامانه آب‌شیرین‌کن خورشیدی با پیش گرمایش مایکروویو به شرح زیر می‌باشد.

۱- سامانه کنترلی در آب‌شیرین‌کن خورشیدی، باعث پیوسته شدن فرایند نمک‌زدایی می‌گردد.

۲- نتایج نشان داد که میزان تولید روزانه آب شیرین در حالت بدون پیش گرمایش ۱/۲ کیلوگرم و بازده کلی دستگاه ۲۴٪ می‌باشد.

۳- در حالت استفاده از پیش گرمایش میزان تولید روزانه ۳/۵ کیلوگرم و بازده کلی سامانه ۵۳٪ رسید.

۴- استفاده از پیش گرمایش منجر به افزایش ۲۹۰٪ در میزان تولید و ۲۲۱٪ در بازده دستگاه می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از همکاری سازمان بهینه سازی مصرف سوخت و همچنین از دانشگاه تربیت مدرس بخاطر کمک مالی در اختیار گذاشتن سایلو آزمایشگاهنهایتتشکروسپاسگزاریرادارند.

منابع

۱- **شعبانی سرنخی، ع.** (۱۳۷۹). بررسی امکان پخت نان از طریق موج کوتاه و تعیین پارامترهای مهم آن. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

۲- **فیلی‌زاده, م.**(۱۳۸۸). بررسی تئوری و تجربی دستگاه های تقطیر خورشیدی حوضچه ای منفعل یگانه و دوگانه. دانشکده فنی. دانشگاه صنعتی شریف.

3- Arjunan, T., Aybar, H. and Nedunchezhian, N. 2009. Status of solar desalination in India. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13: 2408-2418

4- Elminir, H. K., Ghitas, A. E., El-Hussainy, F., Hamid, R., Beheary, M. M. and Abdel-Moneim, K. M. 2006. Optimum solar flat-plate collector slope: Casestudy for Helwan, Egypt. Energy Conversion and Management, 47: 624-637.

5- Kappe, C.O., and Stadler, A. 2005. Microwaves in organic and medicinal chemistry: Vch Verlagsgesellschaft Mbh

6- 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.15. 2051-0853

7- Sampathkumar, K., Arjunan, T., Pitchandi, P. and Senthilkumar, P. 2010. Active solar distillation--A detailed review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14: 1503-1526.

8- Schubert, H., and Regier, M. 2005. The microwave processing of foods. 1st ed Woodhead Publishing Limited, pp. 1–110.

9- Stephen, H.1968. Microwave Heating in the Desalination of WaterNesbitt,massachusetts Ave.

Solar Desalination with Microwave pre-heating

HamidKhafaj [1] Ahmad Banakar[2*] and Khoshtaghaza M. H.[3]

1- MSc Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran.
2- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, arbiat Modares University, Tehran.ah_banakar@modares.ac.ir
3- Associate Professor. Department of Agricultural Machinery Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran.

Abstract

One of the main problems of countries is drinking water supply while other accessible water resources are declined.In some areas due to lack of rainfall, surface water and underground water resources, dams or wells will not help to solve this problem. Therefore, other methods such as fresh sea water and brackish water are discussed.There are various methods for salt water distillation which among them solar systems are a good solution for sparsely populated areas where the intensity of solar radiation are enough. In this research an automatic step solar desalination unit with microwave preheating has been designed and constructed.Daily production rate of fresh water without pre-heating was 1.2 kg and the overall unit efficiency was 24% in February.By using the preheating, daily production rate was 3.5 kg and overall system efficiency reached 53%.

Keywords: Microwav , Saline water, Desalination and Solar energy,