بررسی عملکرد آب‌شیرین‌کن خورشیدی تک مرحله‌ای غیرفعال همراه با ماده تغییرفازدهنده

حسن توکلی[۱]، مهدی آقاجانی[۲]

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۰۳/۱۳
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۱۰/۰۳

چکیده

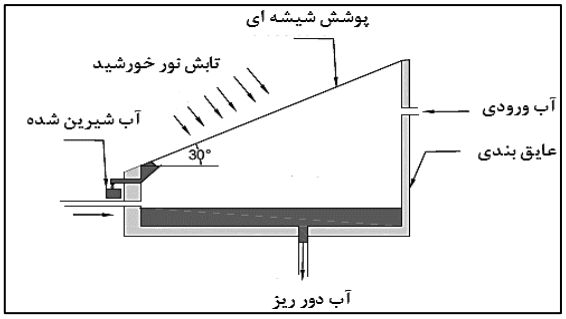
در این پژوهش به بررسی عملکرد آب‌شیرین‌کن خورشیدی تک مرحله‌ای غیرفعال همراه با ماده تغییرفازدهنده پرداخته شده است. ابتدا از بین استئاریک‌اسید، ستیل الکل و پارافینC_{18}، یک ماده به عنوان ماده تغییر فاز دهنده مناسب با بیشترین بازده انتخاب گردید. استئاریک اسید به دلیل بالاتر بودن دمای ذوب که منجر به بیشتر شدن انتقال حرارت به خوراک می‌شود، بازدهی بیشتر را از خود نشان داد و به عنوان ماده تغییرفازدهنده مطلوب انتخاب شد. سپس حجم خوراک ورودی به دستگاه بهینه شد و روشن گردید که دستگاه در حجم خوراک ورودی ۱/۷۲۵ لیتر عملکرد مطلوبی دارد. از آنالیز دمایی دستگاه مشخص شد که ماده تغییرفاز دهنده در ساعاتی که تابش نورخورشید کاهش می‌یابد به کمک سیستم آمده و باعث افزایش راندمان دستگاه می‌شود به طوری‌که در حالت بدون ماده تغییرفازدهنده مقدار آب تولیدی برابر با ۱۶۵۴ میلی‌لیتر بود و در حالت همراه با ماده تغییرفازدهنده این مقدار به ۱۷۰۸ میلی‌لیتر افزایش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: آب شیرین‌کن خورشیدی، انرژی خورشیدی، شیرین‌سازی آب، مواد تغییرفازدهنده

[۱] استادیار گروه فیزیک و شیمی،دانشکده علوم پایه، دانشگاه امام علی (ع)، تهران، ایران، تلفن تماس:۰۹۱۲۷۷۱۹۳۶۲، پست الکترونیکی: h.tavakoli@modares.ac.ir (نویسنده مسئول)
[۲] کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه نوشیروانی بابل، بابل، ایران، تلفن تماس:۰۹۳۷۸۵۸۷۱۸۵، پست الکترونیکی: mehdiaghajani1369@yahoo.com

مقدمه

آب به عنوان یک عنصر مهم برای تمام موجودات زنده و همچنین عامل پیشرفت صنایع شناخته می‌شود. درصد آب شیرین موجود در سطح زمین برابر با ۳ ٪ است در حالیکه در مورد آب شور این مقدار برابر ۹۷ ٪ است(Velmurugan et al. 2008). از ۳ ٪ آب شیرین موجود، ۲ ٪ به صورت یخ‌های قطبی موجود است و در واقع تنها۱ ٪ آب شیرین موجود در دسترس است(Mamouri et al. 2014). با توجه به افزایش جمعیت و پیشرفت روزافزون صنایع مختلف، فراهم سازی آب شیرین در بسیاری از نقاط زمین به عنوان یک مسئله جدی مطرح است. یکی از راه‌های بدست آوردن آب شیرین از آب شور، استفاده از سیستم‌های تقطیر خورشیدی نظیر آب‌شیرین‌کن خورشیدی است. آب شیرین‌کن های خورشیدی از فناوری به نسبت ساده‌ای در مقایسه با سایر روش‌های تقطیری استفاده می‌کنند. در این دستگاه‌ها، تابش خورشید به عنوان منبع انرژی گرمایی در نظر گرفته می‌شود و آب شور که به عنوان خوراک وارد دستگاه شده است، تبخیر شده و پس از برخورد با سطح شیشه و کندانس شدن وارد مخزن ذخیره می‌شود(Chandrashekara and Yadav 2017). دستگاه‌های آب شیرین‌کن به دو گروه فعال (غیرمستقیم) و غیرفعال (مستقیم) تقسیم‌بندی می‌شوند. در سیستم‌های غیرمستقیم از تجهیزاتی نظیر پنل‌های خورشیدی، مبدل‌های حرارتی و ... استفاده می‌شود اما در سیستم‌های مستقیم فرآیند تبخیر و کندانس در یک قسمت اتفاق می‌افتد(Vishwanath Kumar et al. 2015). شکل ۱ طرح شماتیک یک دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی تک‌مرحله‌ای از نوع مستقیم را نشان می‌دهد. در دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن معمولا به دلیل اتلاف حرارتی که از سمت پوشش شیشه‌ای رخ می‌دهد، بازده تولید کاهش می‌یابد، در نتیجه برای افزایش بازده می‌توان از مواد ذخیره‌کننده انرژی استفاده کرد. این مواد که به مواد تغییرفازدهنده نیز معروف هستند، انرژی گرمایی را به صورت گرمای محسوس و گرمای نهان در خود ذخیره می‌کنند و تغییرفاز می‌دهند. سپس در زمان‌هایی که به این انرژی نیاز است، تغییر فاز معکوس رخ داده و انرژی ذخیره شده را آزاد می‌کند(Cabeza۲۰۱۲).



شکل(۱): طرح شماتیک آب‌شیرین‌کن خورشیدی تک‌مرحله‌ای از نوع مستقیم(Al-Karaghouli, Renne and Kazmerski 2009)

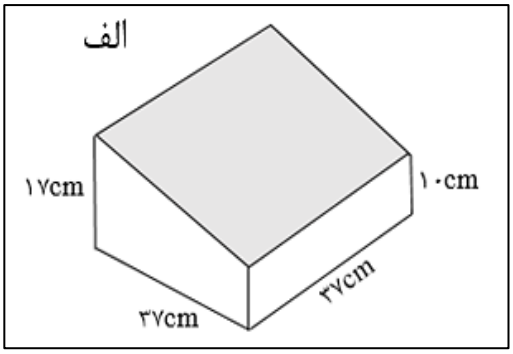
در پژوهش‌هایی که توسط محققین در این زمینه صورت گرفته به اثر حضور ماده تغییر فاز دهنده پرداخته‌اند. الصبایی و همکاران(El-Sebaii et al. 2009) جهت بررسی اثر مواد تغییر فازدهنده بر روی عملکرد دستگاه آب‌شیرین‌کن، از استئاریک اسید به عنوان ماده تغییر فاز دهنده استفاده و نتایج حاصله را در حالت بدون حضور این ماده مقایسه کردند. وجود این ماده باعث شد تا میزان تولید آب شیرین از ۹/۰۰۵ Kg/m2 day به۴/۹۹۸Kg/m2 day افزایش یابد و به بازده ۸۴/۳ ٪ برسد. همچنین در زمان‌هایی که میزان تابش خورشید کم می‌شود، حضور این مواد باعث بهبود عملکرد دستگاه شده و راندمان آن را افزایش می‌دهد. کبیل و همکاران(Kabeel and Abdelgaied 2017) برای بهبود عملکرد دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی از یک متمرکزکننده سهموی استوانه‌ای استفاده کردند. این استوانه سهموی با گرم گردن روغن موجود در لوله‌ها که در فاصله کانونی این متمرکزکننده قرار داشت و انتقال این روغن به کف دستگاه، باعث افزایش دمای خوراک و همچنین ماده تغییر فازدهنده موجود در قسمت تحتانی دستگاه می‌شد. حضور این متمرکزکننده باعث تولید ۱۰/۷۷L/m2day می‌شد در حالی‌که در حالت بدون

متمرکزکننده این مقدار به L/m2day ۴/۴۸ کاهش می‌یافت. دشتبان و تبریزی(Dashtban and Tabrizi 2011) در زاهدان یک آب‌شیرین‌کن خورشیدی، از نوع پله‌ای جهت شیرین‌سازی آب طراحی و ساخته اند. جهت افزایش رانمان در ساعاتی که تابش خورشید کاهش می یابد از واکس پارافینی به عنوان ماده تغییرفازدهنده استفاده شد. نتایج حاکی از این بود که حضور این ماده باعث افزایش ۳۱٪ در میزان شیرین‌سازی آب می‌شود. رجسخار (Rajasekhar and Eswaramoorthy 2015) از یک ماده تغییرفازدهنده نانو کامپوزیت جهت بهبود عملکرد آب‌شیرین‌کن خود استفاده کردند و مشخص شد که استفاده از آن باعث بازده ۴۵ ٪ دستگاه می‌شود. این در حالی بود که با استفاده از واکس پارافینی بازده دستگاه ۴۰ ٪ و در حالت بدون ماده تغییرفازدهنده بازده در حدود ۳۸ ٪ بود.

ساخت دستگاه آب‌شیرین‌کن، مواد و روش‌ها

ساخت دستگاه

جهت ساخت بدنه دستگاه، از صفحات UPVC استفاده شده است. از چسب سیلیکونی با رنگ تیره جهت عایق‌کاری سطح داخلی دستگاه و همچنین جذب حداکثری نور خورشید، استفاده شد. شیشه‌ای با ضخامت۴ میلیمتر جهت پوشاندن سطح فوقانی دستگاه در نظر گرفته شد. زاویه شیشه با سطح افق تقریبا ۱۷ درجه است که از این نظر در محدوده مناسبی قرار دارد زیرا هرچه فاصله بین شیشه و سطح آب شور بیشتر باشد، فضای درون محفظه افزایش یافته و تاخیر در اشباع شدن فضای درونی از بخار را به همراه دارد. در زاویه‌های کمتر از ۱۲ درجه امکان عدم ورود قطرات کندانس شده بخار به لوله جمع‌کننده و سقوط این قطرات به داخل آب شور وجود دارد(Rizzuti, Ettouney and Cipollina 2007). از لوله پلی‌اتیلنی در انتهای سطح شیبدار جهت جمع‌آوری قطرات آب استفاده شد. نحوه قرار گرفتن این لوله طوری بود که با شیب ملایم باعث سرازیر شدن آب به مخزن ذخیره سازی آب شیرین شود. در سطح پشتی دستگاه نیز منفذی جهت ورود آب شور(خوراک) تعبیه شد. در نهایت سطح داخلی دستگاه به وسیله لوله‌ی برنجی به قطر ۱۰میلی‌متر به صورت مارپیچ اینچ‌کشی شد تا ماده تغییرفاز دهنده درون آن قرار بگیرد. شکل۲-الف ابعاد و طرح شماتیک دستگاه آب‌شیرین‌کن ساخته شده و شکل۲-ب عکس دیجیتالی گرفته شده از آن را نشان می‌دهد.



شکل۲ (الف): ابعاد و طرح شماتیک دستگاه آب‌شیرین‌کن ساخته شده (ب): عکس دیجیتالی گرفته شده از دستگاه

مواد تغییرفازدهنده

جهت بررسی نوع ماده تغییر فاز دهنده و انتخاب گزینه مطلوب، از سه ماده تغییر فازدهنده ستیل الکل، استئاریک اسید و پارافین سی- ۱۸ استفاده شد. دلیل استفاده از این مواد را می‌توان قیمت مناسب، عدم ایجاد خوردگی، پایداری شیمیایی و ... عنوان کرد. جدول۱خواص فیزیکی هریک از این سه ماده را نشان می‌دهد. با انجام آزمایشات مربوطه بهترین گزینه از

بین این سه ماده انتخاب و در آزمایشات بعدی از آن ماده استفاده شد.

جدول(۱): مشخصات فیزیکی سه ماده تغییرفازدهنده

نام ماده تغییرفازدهنده	دمای ذوب (^oC)	گرمای نهان (kj/kg)	دانسیته (kg/m^3)
استئاریک اسید	۵۲	۱۶۹	۹۶۵
ستیل الکل	۴۹/۳	۱۴۱/۸	۸۱۱
پارافینسی-۱۸	۴۲	۲۴۲	۸۱۴

روش انجام آزمایش

برای دریافت بیشترین تابش خورشیدی، دستگاه در راستای شرق- غرب قرار گرفت. ساعت انجام آزمایشات بین ۹ صبح تا ۷ بعدازظهر (بیشترین میزان شدت تابش خورشید) اواسط خرداد ماه سال ۱۳۹۶ بوده است. از آب دریاچه مازندران به عنوان خوراک استفاده شد. جهت بررسی اثر حضور ماده تغییر فاز دهنده در سیستم، آزمایشات در دو مرحله، بدون ماده تغییرفازدهنده و همراه با ماده تغییرفازدهنده انجام شد. برای تعیین مقدار بهینه آب شور ورودی به دستگاه، مقدار آب در سه ارتفاع ۱، ۲ و ۳ سانتی‌متر تنظیم شد. از سنسورهای دمایی برای اندازه‌گیری دمای محیط، دمای شیشه، دمای آب شور داخل دستگاه و دمای ماده تغییر فاز دهنده استفاده شد.

محاسبه بازده حرارتی

برای محاسبه بازده حرارتی از معادله ۱ استفاده شد:

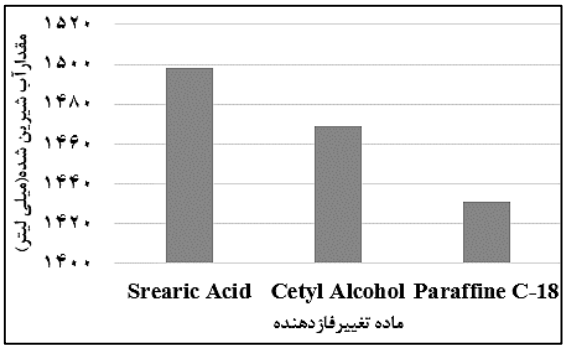
$$\eta = \frac{ML}{IAt} \qquad (1)$$

که در آن، M مقدار آب تقطیرشده برحسب (kg/h)، L گرمای نهان تبخیرآب برحسب (kJ/kg)، I شدت تابش خورشید برحسب (W/m^2)، A سطح مقطع دستگاه برحسب (m^2) و t زمان برحسب (s) است. میزان شدت تابش خورشید در طول ساعات روز در شهرتهران به کمک دستگاه پیرانومتر اندازه‌گیری و مشخص شد.

نتایج و بحث

انتخاب ماده تغییرفازدهنده

در ابتدای آزمایشات باید ماده تغییرفاز دهنده مناسب را تعیین می‌کردیم. به همین دلیل از سه ماده تغییرفاز دهنده استئاریک اسید، ستیل الکل و پارافین C-۱۸ در سه روز آفتابی متوالی در آزمایشات استفاده شد. شرایط جوی و دمای هوا در این سه روز تفاوت چندانی باهم نداشتند. در هر سه این آزمایشات از ۲ لیتر آب دریا استفاده شد. میزان آب شیرین‌شده در این سه آزمایش در شکل۳ نشان داده شده است. با توجه به شکل مشخص است که در بین این سه ماده، استئاریک‌اسید



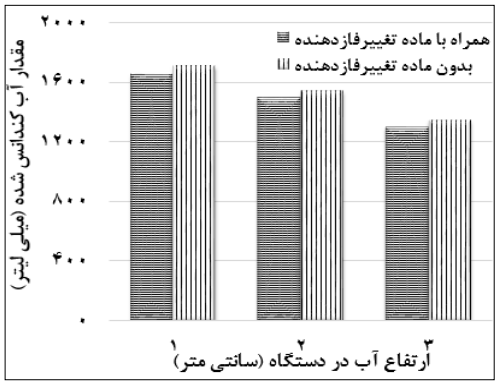
شکل(۳): تاثیر انواع موادتغییر فازدهنده در مقدار آب شیرین‌شده

بیشترین میزان آب شیرین‌شده را دارا می‌باشد. دلیل عملکرد بهتر این ماده را می توان به نقطه ذوب بالاتر آن نسبت داد. با توجه به جدول۱، استئاریک اسید بالاترین دمای ذوب را در بین این مواد دارد. انرژی دریافت شده از خورشید صرف گرم شدن خوراک و ماده تغییرفازدهنده می‌شود. گرمای محسوس ماده تغییرفازدهنده، کمتر از گرمای نهان آن است در نتیجه این فرصت را به آب می‌دهد که به دمای بالاتری برسد. زمانی‌که نقطه‌ذوب بالاتر باشد، این دما بیشتر بوده در نتیجه فشار بخار افزایش می‌یابد و بخار بیشتری با برخورد به سطح شیشه کندانس می‌شود(Mousa and

Gujarathi 2016). با توجه به نتیجه بدست آمده، در ادامه کار، از استئاریک اسید به عنوان ماده تغییرفازدهنده استفاده شد.

مقدار بهینه خوراک

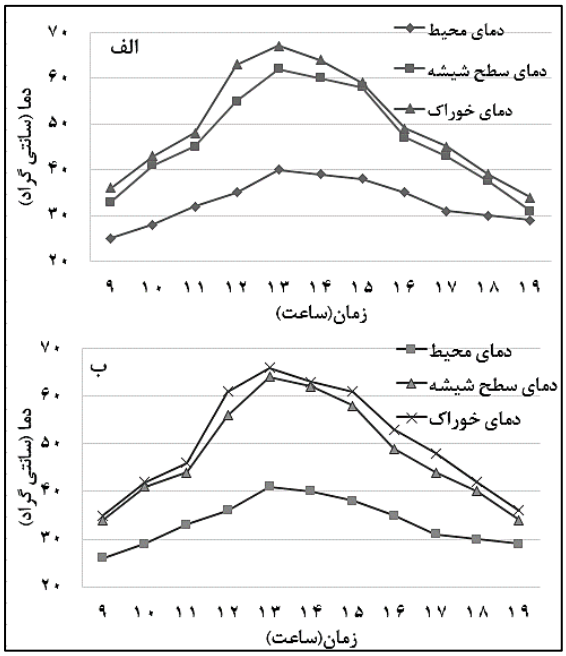
جهت تعیین مقدار آب شور به عنوان خوراک دستگاه، به حجم‌های۱/۷۲۵ لیتر، ۲/۴۵ لیتر و ۳/۶۷۵ لیتر، آب دریا در کف دستگاه ریخته شد تا به ارتفاع به ترتیب ۱، ۲ و ۳سانتی‌متر برسد. این کار در دو مرحله (با حضور ماده تغییرفازدهنده و بدون آن) انجام شد. نتایج در شکل ۴ آمده است. با توجه به شکل مشخص است که بهترین مقدار آب شیرین شده، در ارتفاع ۱ سانتی‌متر بدست آمده است. دلیل این کاهش را می‌توان به صرف گرمای بیشتر برای بالا بردن دمای آب با حجم بیشتر نسبت داد. هر چه مقدار آب بیشتر باشد، زمان لازم برای گرم شدن آن افزایش می‌یابد، در نتیجه گرمای بیشتری صرف بالا رفتن دمای آن می‌شود که نهایتا منجر به کاهش تبخیر سطحی شده و افت راندمان دستگاه را به همراه دارد(Mousa and Gujarathi 2016). با تعیین حجم بهینه، در ادامه روند آزمایشات از همین مقدار بهینه آب شور به عنوان خوراک استفاده شد.



شکل(۴): اثر مقدار خوراک(برحسب ارتفاع آب شور) بر مقدار آب کندانس شده

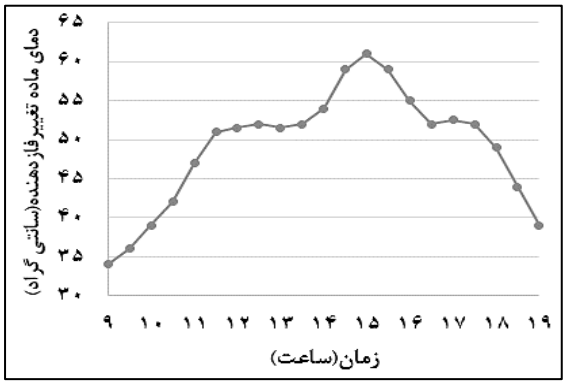
آنالیز دمایی سیستم

با قرار دادن ترموکوپل‌ها در نقاط مورد نظر، دماهای محیط، سطح شیشه، خوراک و ماده تغییرفاز دهنده(برای مرحله دوم آزمایش) تعیین شد. نتایج در شکل۵ و۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل۵-الف و ۵-ب مشخص است که در ساعات اوج تابش که خورشید در حالت تقریبا عمود بر سطح زمین است، سیستم در بالاترین دمای خود قرار دارد و همچنین دمای داخل محفظه در هر دو آزمایش با دمای محیط، اختلاف قابل ملاحظه‌ای دارد و این نشان‌دهنده ایزولاسیون مناسب دستگاه است. با مقایسه دمای آب در دو شکل۵- الف و ۵- ب مشخص می‌شود که دمای آب در ساعات اوج تابش در حالت بدون ماده تغییرفازدهنده، کمی بیشتر از دمای آب در مرحله دوم است. دلیل این کاهش دما را می‌توان به صرف شدن مقداری گرما جهت گرم شدن و تغییر فاز ماده تغییرفازدهنده نسبت داد(Ansari et al. 2013). اما زمانی که شدت تابش کم می‌شود (ساعت۱۵ تا۱۹) دمای آب در مرحله دوم بیشتر از مرحله اول است زیرا در این حالت ماده تغییرفازدهنده گرمای نهان ذخیره شده در خود را آزاد کرده و به خوراک منتقل می‌کند. اختلاف دمای بین سطح شیشه و آب شور به عنوان نیروی محرکه در انتقال حرارت نقش دارد و افزایش این اختلاف موجب افزایش راندمان دستگاه می‌شود(Ansari et al. 2013).



شکل۵ (الف): دماهای نقاط مختلف در طول ساعات آزمایش بدون ماده تغییرفازدهنده (ب): همراه با ماده تغییرفاز دهنده

با توجه به شکل ۵- الف و ۵- ب مشخص می‌شود که در ساعات اوج تابش، مقدار نیروی محرکه در حالت اول بیشتر است در نتیجه میزان تبخیر در حالت بدون ماده تغییرفاز دهنده بیشتر از مرحله دوم است. اما در ادامه، این روند معکوس شده و ماده تغییرفاز دهنده با کاهش شدت تابش، نقش خود را ایفا کرده، انرژی ذخیره شده خود را آزاد می‌کند و میزان تبخیر خوراک را افزایش می‌دهد. شکل۶ نمودار دمایی ماده تغییرفازدهنده در طول ساعات آزمایش را به

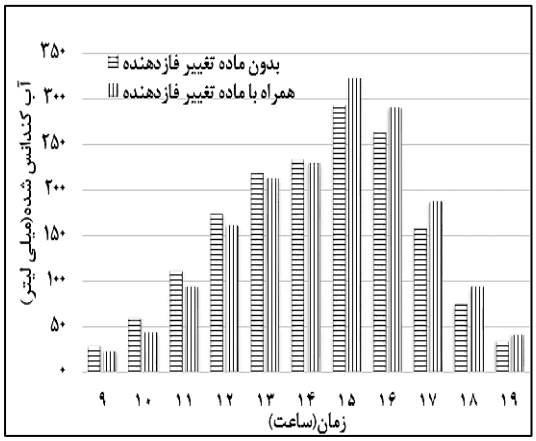


شکل(۶): تغییرات دمایی ماده تغییرفازدهنده در طول آزمایش

طور مجزا نمایش داده می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است، این ماده در طول۲/۵-۳ ساعت ابتدایی آزمایش در حال ذخیره انرژی گرمایی محسوس است. در ادامه دما از نقطه ذوب عبور می‌کند و فرآیند تغییر فاز (جامد به مایع) انجام شده و مقداری گرما صرف بالا رفتن دمای مایع می‌شود. با کاهش میزان شدت تابش و به دنبال آن افت دما، فرآیند تغییر فاز معکوس (مایع به جامد) رخ داده و انرژی نهان ذخیره شده به مایع خوراک منتقل می‌شود. در نهایت در ساعت ۱۹ ماده تغییرفازدهنده به دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. با این توضیحات می‌توان نتیجه گرفت که حضور ماده تغییرفازدهنده در زمانی که شدت تابش کاهش می‌یابد، موثر واقع می‌شود. به عبارتی در زمان اوج تابش، این ماده به ذخیرسازی انرژی پرداخته و در زمان‌های آتی که سیستم به انرژی گرمایی نیاز دارد، آنرا در اختیار خوراک قرار می‌دهد. این نتایج مطابق با یافته‌های سایر پژوهشگران نیز است(Kabeel and Abdelgaied , Shukla 2014, Mousa and Gujarathi 2016 ,2016).

مقدار آب کندانس شده

مقدار آب کندانس شده طی فرآیند شیرین‌سازی با و بدون ماده تغییرفازدهنده در طول۱۰ ساعت (از۹صبح الی۱۹) در شکل۷ آمده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت، مطابق توضیحات بخش قبل، از زمان شروع آزمایش تا رسیدن به ساعات اوج تابش، حضور ماده

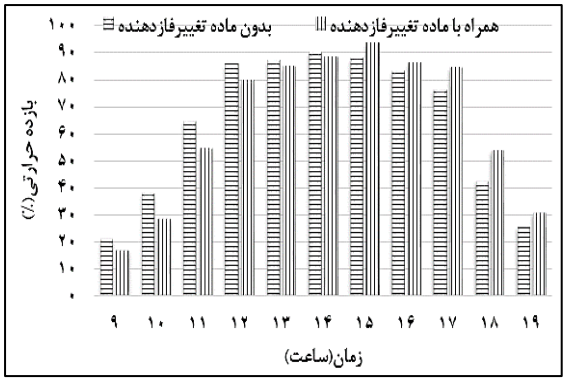


شکل(۷): مقدار آب کندانس شده در طول مدت آزمایش در دو حالت همراه با ماده تغییرفازدهنده و بدون آن

تغییر فازدهنده باعث کاهش بازده دستگاه می‌شود، زیرا مقداری گرما صرف ذخیره‌سازی در این ماده می‌شود و تبخیر کمتری صورت می‌گیرد. اما در ادامه این کاهش بازده با آزاد شدن انرژی از ماده تغییرفازدهنده و حصول مقدار آب کندانس شده بیشتر، جبران می‌شود. در نهایت میزان کل آب شیرین شده در حالت اول برابر با ۱۶۵۴ میلی‌لیتر بوده و در حالت دوم، همراه با ماده تغییرفازدهنده، به مقدار ۱۷۰۸میلی‌لیتر رسید که افزایش تقریبا ۴٪ در طول یک روز را به همراه داشت.

بازده حرارتی دستگاه

به کمک معادله۱ بازده حرارتی دستگاه آب شیرین-کن در دو حالت همراه با مواد تغییرفازدهنده و بدون حضور آن در طول ساعت بین۹ تا۱۹ محاسبه شد و نتایج در شکل۸ آورده شده است. همانطور که انتظار می‌رفت از ابتدای شروع آزمایش تا ساعت۱۵ بازده حرارتی دستگاه در حالت بدون ماده تغییرفازدهنده بیشتر است زیرا میزان آب کندانس شده (مقدارM در معادله۱) در این حالت بیشتر از حالت همراه با ماده تغییرفازدهنده است اما پس از کاهش شدت تابش خورشید در ساعات بعدی، مقدار آب کندانس شده در حالت همراه با ماده تغییرفازدهنده بیشتر است در نتیجه باعث بیشتر شدن بازده حرارتی نسبت به حالت قبل می‌شود. همانطور که قبلا نیز اشاره شد، حضور ماده تغییر فازدهنده در دستگاه آب‌شیرین‌کن در ساعات بعدازظهر موثر واقع می‌شود و به بالارفتن راندمان و بازده دستگاه کمک می‌کند.



شکل(۸): بازده حرارتی دستگاه آب‌شیرین‌کن در دو حالت بدون ماده تغییر فازدهنده و همراه با ماده تغییرفازدهنده

نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا دستگاه آب‌شیرین‌کن خورشیدی غیرفعال تک‌مرحله‌ای طراحی و ساخته شد. در ادامه جهت بررسی عملکرد آن طی، چندین روز آزمایشات مختلف در دو حالت بدون ماده تغییرفازدهنده و همراه با ماده تغییرفازدهنده انجام شد و بدین طریق پارامترهای موثر بر عملکرد دستگاه ارزیابی شد. نتایج حاصل به صورت زیر است:

۱- در بین سه نوع ماده تغییر فازدهنده استئاریک اسید، ستیل الکل و پارافین۱۸-C، استئاریک اسید به دلیل داشتن دمای ذوب بالاتر بهترین عملکرد را دارا بود و به عنوان ماده تغییرفازدهنده در ادامه آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت.

۲- جهت تعیین مقدار بهینه خوراک ورودی به سیستم، در سه حجم ۱/۷۲۵، ۲/۴۵ و ۳/۶۷۵ لیتر خوراک وارد دستگاه شد و آزمایشات مربوطه انجام گرفت. در نهایت مشخص شد که در حجم۱/۷۲۵ لیتر دستگاه بهترین عملکرد را دارد.

۳- با آنالیز دمایی صورت گرفته، مشخص شد که حضور ماده تغییرفازدهنده در ساعاتی که شدت تابش خورشید کاهش می‌یابد، موثر واقع می‌شود در نتیجه از ابتدای شروع آزمایش تا ساعت اوج تابش خورشید،

مقدار آب کندانس شده در حالتی که ماده تغییرفازدهنده وجود ندارد بیشتر است ولی پس از آن روند تغییر کرده و این ماده نقش خود را به عنوان ماده ذخیره‌کننده انرژی ایفا می‌کند و باعث افزایش راندمان دستگاه می‌شود.

منابع

Al-Karaghouli, A., D. Renne & L. L. Kazmerski (2009) Solar and wind opportunities for water desalination in the Arab regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 13**,** 2397-2407.

Ansari, O., M. Asbik, A. Bah, A. Arbaoui & A. Khmou (2013) Desalination of the brackish water using a passive solar still with a heat energy storage system. Desalination, 324, 10-20.

Cabeza, L. F. (2012) Thermal energy storage. Comprehensive renewable energy, 3, 211-253.

Chandrashekara, M. & A. Yadav (2017) Water desalination system using solar heat: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67, 1308-1330.

Dashtban, M. & F. F. Tabrizi (2011) Thermal analysis of a weir-type cascade solar still integrated with PCM storage. Desalination, 279, 415-422.

El-Sebaii, A. A ,..A. A. Al-Ghamdi, F. S. Al-Hazmi & A. S. Faidah (2009) Thermal performance of a single basin solar still with PCM as a storage medium. Applied Energy, 86, 1187-1195.

Kabeel, A. & M. Abdelgaied (2016) Improving the performance of solar still by using PCM as a thermal storage medium under Egyptian conditions. Desalination, 383, 22-28.

Kabeel, A. E. & M. Abdelgaied (2017) Observational study of modified solar still coupled with oil serpentine loop from cylindrical parabolic concentrator and phase changing material under basin. Solar Energy, 144, 71-78.

Mamouri, S. J., H. G. Derami, M. Ghiasi, M. Shafii & Z. Shiee (2014) Experimental investigation of the effect of using thermosyphon heat pipes and vacuum glass on the performance of solar still. Energy, 75, 50.507-1

Mousa, H. & A. M. Gujarathi (2016) Modeling and analysis the productivity of solar desalination units with phase change materials. Renewable Energy, 95, 225-232.

Rajasekhar, G. & M. Eswaramoorthy (2015) Performance evaluation on solar still integrated with nano-composite phase change materials. Applied Solar Energy, 51, 15-21.

Rizzuti, L., H. M. Ettouney & A. Cipollina. 2007. Solar desalination for the 21st century: a review of modern technologies and researches on desalination coupled to renewable energies. Springer Science & Business Media.

Shukla, S. 2014. Application of Solar Distillation Systems with Phase Change Material Storage. In Modern Mechanical Engineering, 15-42. Springer.

Velmurugan, V., M. Gopalakrishnan, R. Raghu & K. Srithar (2008 (Single basin solar still with fin for enhancing productivity. Energy Conversion and Management, 49, 2602-2608.

Vishwanath Kumar, P., A. Kumar, O. Prakash & A. K. Kaviti (2015) Solar stills system design: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews..181-153 ,51

Performance Evaluation on single-slope solar desalination Still Integrated with phase change material

Hassan Tavakoli[1], **Mehdi Aghajani**[2]

Abstract:

In this study, the performance of the single-slop solar desalination still integrated with phase change material was investigated. Firstly, among the three phase change materials of stearic acid, cetyl alcohol and C-18 paraffin, one of them was chosen as a suitable phase change material which exhibited the best performance. Stearic acid was chosen due to higher melting point that cause more heat transfer to the feed and higher efficiency. Then the amount of the feed water was optimized and we found that the solar still with 1.225 liter of feed exhibited the best performance. From the temperature analysis, it was found that when the sunlight is reduced, the presence of the phase change material lead to increase the efficiency of the solar still, as in the case without the phase change material the volume of the produced fresh water was 1654 ml while in the presence of the phase change material this amount was increased to 1708ml.

Keywords: Solar energy, Desalination, Solar still, Phase change material, Stearic acid.

[1] Assistant Professor, Faculty of Basic Science, Imam Ali University (h.tavakoli@modares.ac.ir)

[2] Chemical engineering department, Babol university of technology (mehdiaghajani1369@yahoo.com)