

# بهبود عملکرد یک اجاق خورشیدی سهموی در شرایط بادخیز با استفاده از لایه محافظ: تحلیل انرژی و انرژی

سید مهدی میرزابابایی

استادیار، گروه پژوهشی فناوری های سبز مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران،  
m.mirzababaei@rifst.ac.ir

محمد حسین زاده

کارشناسی ارشد، گروه طراحی ماشین آلات صنایع غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران،  
mohammad.hz90@yahoo.com

حسین زمانی\*

استادیار، گروه پژوهشی فیزیک مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران،  
h.zamani@rifst.ac.ir

## چکیده

در این مطالعه، اثر استفاده از لایه محافظ در برابر جریان هوا بر عملکرد یک اجاق خورشیدی با متمرکزکننده سهموی از دو دیدگاه انرژی و انرژی بررسی شده است. آزمایش‌ها در سرعت‌های باد ۰/۱، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۳ متر بر ثانیه انجام شده است. همچنین، از اجاق خورشیدی برای به جوش آوردن ۴ و ۶ کیلوگرم آب در شرایط بادخیز استفاده شده است. پارامترهای بررسی شده شامل دمای آب، توان خروجی، انرژی خروجی، بازده انرژی و بازده انرژی هستند. با توجه به نتایج، امکان به جوش آوردن ۴ کیلوگرم آب توسط اجاق خورشیدی در سرعت ۰/۳ متر بر ثانیه وجود ندارد ولی استفاده از لایه محافظ این مشکل را رفع کرده و آب پس از گذشت ۱۰۵ دقیقه به نقطه جوش می‌رسد. در آزمایش مربوط به جرم آب ۴ کیلوگرم و سرعت باد ۰/۵ متر بر ثانیه، میانگین توان و انرژی خروجی اجاق خورشیدی در طول آزمایش در حالت بدون لایه محافظ به ترتیب ۲۲۲/۴ و ۲۲/۹ وات بر مترمربع است که استفاده از لایه محافظ این مقادیر را به ترتیب حدود ۲۲/۸٪ و ۲۶/۶٪ بهبود می‌بخشد. همچنین، میزان تأثیر لایه محافظ بر بازده انرژی و انرژی اجاق خورشیدی در سرعت باد و جرم آب بالاتر بیشتر است. با استفاده از لایه محافظ، بازده انرژی و انرژی اجاق خورشیدی به ازای جرم ۴ کیلوگرم به ترتیب ۴/۶٪ و ۰/۶٪ بهبود یافت. با افزایش جرم آب به ۶ کیلوگرم میزان بهبود در عملکرد سیستم به ترتیب ۹/۶٪ و ۱/۱٪ گردید.

**واژه‌های کلیدی:** انرژی خورشیدی، اجاق خورشیدی سهموی، سرعت باد، لایه محافظ، تحلیل انرژی، تحلیل انرژی.

## Performance Improvement of a Parabolic Solar Cooker in Windy Conditions Using Protective Layer: Energy and Exergy Analyses

S. M. Mirzababaei

Department of Food Industry Machineries, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

M. Hosseinzadeh

Department of Food Industry Machineries, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

H. Zamani

Department of Food Industry Machineries, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

## Abstract

In this study, the effect of using an air flow protective layer on the performance of a parabolic dish solar cooker is studied based on the energy and exergy viewpoints. During the experiments, the wind speed was 0.1, 2.4, 4.5, and 6.3 m/s. Moreover, the solar cooker was utilized to boil 4 kg and 6 kg of water in windy conditions. The investigated parameters include water temperature, output power, output exergy, energy efficiency, and exergy efficiency. According to the results, the solar cooker cannot boil 4 kg of water at a wind speed of 6.3 m/s. However, using the protective layer can tackle this issue, and water reaches its boiling point in 105 min. In the experiment with a wind speed of 4.5 m/s and a water mass of 4 kg, the average output power and exergy of the solar cooker are 224.4 W/m<sup>2</sup> and 22.9 W/m<sup>2</sup> in the case without the protective layer. These increase by 22.8% and 26.6% using the protective layer, respectively. In addition, the effect of using the protective layer on the energy and exergy efficiencies of solar cooker enhances when wind speed and mass of water rise. In the experiment with a wind speed of 4.5 m/s and a water mass of 4 kg, the energy and exergy efficiency of the solar cooker increase about 4.6% and 0.6% by the use of the protective layer. If the mass of water rises to 6 kg, these improvements will be 9.6% and 1.1% in order.

**Keywords:** Solar Energy, Parabolic Solar Cooker, Wind Speed, Protective Layer, Energy Analysis, Exergy Analysis.

## ۱- مقدمه

امروزه با رشد جمعیت، نیاز به انرژی در جهان افزایش یافته است. برای نمونه، کشورهای آسیایی شاهد افزایش ۲۷٪ در مصرف انرژی بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ بودند [۱]. متأسفانه هنوز بخش اصلی نیاز انرژی در جهان با سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود که سبب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است. با توجه به مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بسیاری از کشورها به استفاده از

انرژی‌های تجدیدپذیر رو آورده‌اند به طوری که تا سال ۲۰۲۴ حدود ۳۰٪ از برق جهان از این منبع تأمین خواهد شد و میزان مصرف سوخت‌های فسیلی تا سال ۲۰۸۸ به حداقل خواهد رسید [۲]. خورشید مهم‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. زمین سالانه حدود ۳/۸۵ اگزاول انرژی خورشیدی دریافت می‌کند [۱] بنابراین سیستم‌های خورشیدی در کشورهای با تابش مناسب از پتانسیل بالایی برخوردار است. یکی از سیستم‌های خورشیدی، اجاق خورشیدی است که از گرمای خورشید برای پخت مواد غذایی استفاده می‌کند و شامل

\* نویسنده مسئول مکاتبات، آدرس پست الکترونیکی: h.zamani@rifst.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۵

اجاق‌های خورشیدی با متمرکزکننده و جعبه‌ای هستند [۳]. تاکنون مطالعات زیادی بر روی اجاق‌های خورشیدی صورت گرفته است. در یک مقاله مروری، آرونچالا و کوندپر [۴] پژوهش‌های مرتبط با اجاق‌های خورشیدی مستقیم را بررسی کردند. حسین‌زاده و همکاران [۵] اثر ردیابی زاویه تابش بر عملکرد یک اجاق خورشیدی لوله‌ای تحت خلأ را بررسی کردند نتایج آنها نشان داد که تعقیب خورشید بازده انرژی سیستم را حدود ۵ درصد افزایش می‌دهد. زمانی و همکاران [۶] اثر نواحی مختلف سطوح انعکاسی در یک اجاق خورشیدی دو منظره را بررسی کردند و با ارائه یک طرح هندسی مناسب، عملکرد سیستم را بهبود بخشیدند. در یک پژوهش آزمایشگاهی، ترس و همکاران [۷] اثر استفاده از سه حجم ۰/۵، ۱ و ۱/۵ لیتر آب را بر عملکرد یک اجاق خورشیدی سهموی بررسی کردند. آنها دریافتند که بیشترین بازده انرژی و انرژی در بین آزمایش‌های صورت گرفته ۴۵٪ و ۵۰٪ است.

یکی از چالش‌های جدی اجاق‌های خورشیدی، کاهش قابل توجه عملکرد بر اثر وزش باد است که در برخی از پژوهش‌ها بررسی شده است. کومار و همکاران [۸] به صورت عددی تلفات گرما در یک اجاق خورشیدی سهموی را مطالعه کردند. بررسی آنها نشان داد که با افزایش سرعت باد از صفر تا ۴ متر بر ثانیه تلفات گرما از سطح جانبی محفظه پخت، تقریباً ۲ برابر می‌شود. حسین‌زاده و همکاران [۹] در یک مطالعه تجربی بر ارزیابی اثر سرعت باد بر عملکرد یک اجاق خورشیدی مشابه پرداختند. با توجه به نتایج آنها، افزایش سرعت باد از ۰/۲ به ۶ متر بر ثانیه، بازده انرژی و انرژی اجاق خورشیدی را به ترتیب حدود ۲۰/۰۸٪ و ۱/۹۹٪ کاهش می‌دهد. کومار و همکاران [۱۰] تأثیر جهت وزش باد و زاویه سطح را در یک اجاق خورشیدی سهموی مطالعه کردند. مشاهده آنها نشان داد؛ در زاویه سطح ۴۵ درجه تلفات گرما از اطراف و روبرو تقریباً یکسان است.

تاکنون روش‌هایی برای کاهش تلفات گرما در محفظه پخت استفاده شده است. در یک پژوهش، حسین‌زاده و همکاران [۱۱] با بررسی عملکرد یک اجاق خورشیدی با لوله تحت خلأ دریافتند که به دلیل وجود ساختار دو جداره آن، افزایش سرعت باد اثر اندکی بر دمای محفظه پخت دارد به طوری که با افزایش سرعت باد از ۱ تا ۱۰ متر بر ثانیه، بازده سیستم تنها ۰/۰۶٪ کم می‌شود. بدران و همکاران [۱۲] به صورت تجربی ثابت کردند که با قرار دادن محفظه پخت یک اجاق خورشیدی سهموی در یک جعبه شیشه‌ای، توان آن حدود ۲۷۵٪ افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج آنها زمان جوشیدن ۷ کیلوگرم آب از یک ساعت به ۴۰ دقیقه کاهش یافت. حبیب‌الله و همکاران [۱۳] به روش عددی عملکرد دو اجاق خورشیدی با متمرکزکننده را مقایسه کردند. آنها دریافتند که در سرعت باد ۵ متر بر ثانیه، استفاده از محفظه بیرونی تلفات گرمایی را از ۲۷۰ به ۲۰۰ وات کاهش می‌دهد. ابوزیان [۱۴] نشان داد که استفاده از لایه محافظ در یک اجاق خورشیدی سهموی تلفات گرمای محفظه پخت را در سرعت باد بین ۲-۸ متر بر ثانیه، ۲۴-۳۵٪ کاهش می‌دهد. کلبد و همکاران [۱۵] عملکرد یک اجاق خورشیدی سهموی با لایه محافظ شیشه‌ای را آزمایش کردند و زمان جوش ۱/۵ کیلوگرم آب و بازده اجاق خورشیدی در شدت تابش خورشیدی ۶۳۵/۵ وات بر مترمربع را به ترتیب ۲۵ دقیقه و ۲۶٪ گزارش کردند.

در مطالعات انجام شده برای عملکرد اجاق خورشیدی سهموی با

لایه محافظ فقط دیدگاه انرژی لحاظ شده است؛ در این حالت کیفیت انرژی در نظر گرفته نمی‌شود لذا تحلیل انرژی سیستم جهت ارزیابی عملکرد واقعی آن حائز اهمیت است [۱۶]. در این پژوهش، اثر لایه محافظ بر عملکرد یک اجاق خورشیدی سهموی از دو دیدگاه انرژی و انرژی مطالعه شده است تا امکان پخت‌وپز را در معرض سرعت‌های باد زیاد فراهم کند. مطالعات گذشته همچنین نشان می‌دهد که میزان تلفات گرما از محفظه پخت به ازای جرم‌های مختلف آب متفاوت است [۱۴] به همین دلیل در بخش دوم این مطالعه اثر لایه محافظ بر بازده انرژی و انرژی سیستم به ازای ۴ و ۶ کیلوگرم آب در شرایط بادخیز بررسی شده است که تاکنون پژوهشی در این زمینه منتشر نشده است.

## ۲- بستر آزمایشگاهی

در این مطالعه، بستر آزمایشگاهی شامل یک اجاق خورشیدی، دمنده، ظرف غذا و لایه محافظ است (شکل ۱). اجاق خورشیدی شامل یک متمرکز کننده سهموی (با قطر دهانه ۱۲۰، فاصله کانونی ۴۵ سانتی‌متری و مساحت دهانه ۰/۹۴ متر مربع)، پایه و نگهدارنده‌ها است. در این پژوهش از یک دمنده جریان محوری برای تولید جریان باد استفاده شده است. لایه محافظ، یک ورق پلکسی گلس شفاف است که به صورت استوانه‌ای شکل داده شده است تا سطح جانبی ظرف آلومینیومی را در مقابل جریان باد محافظت نماید (شکل ۲).

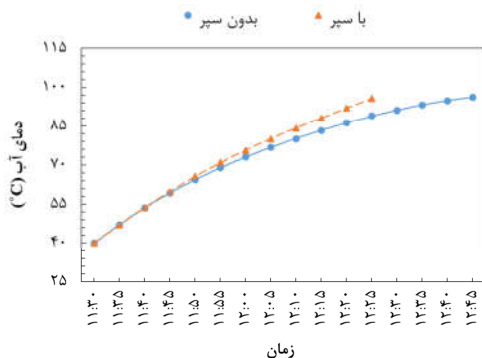


شکل ۱- نمایی از بستر آزمایشگاهی

آزمایش‌ها در مردادماه و در مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و طول جغرافیایی ۵۹ درجه انجام شده است. در طول آزمایش‌ها، تابش خورشید توسط یک تابش‌سنج دیجیتال با مدل TES-1333 اندازه‌گیری شده است و جهت سیستم به صورت دستی و در هر ۵ دقیقه تنظیم شده است. سرعت باد با یک بادسنج دیجیتال مدل Lutron AM-4201 اندازه‌گیری شده است. همچنین، اندازه‌گیری دماهای محیط و آب به ترتیب با دماسنج‌های جیوه‌ای و نوع کی (K) انجام شده است.



شکل ۲- نمایی از لایه محافظ در برابر جریان هوا



شکل ۳- تغییرات دمای آب در آزمایش مربوط به سرعت باد ۴/۵ متر بر ثانیه

زمان جوشیدن ۴ کیلوگرم آب در دو حالت با و بدون لایه محافظ و به ازای سرعت‌های باد مختلف در جدول ۲ درج شده است. با توجه به این جدول، ۴ کیلوگرم آب در سرعت باد ۰/۱ متر بر ثانیه در مدت زمان ۴۵ دقیقه به جوش می‌آید. با افزایش سرعت باد به ۲/۴ و ۴/۵ متر بر ثانیه زمان جوشیدن آب به ۶۱ و ۷۵ دقیقه می‌رسد. بکارگیری لایه محافظ، زمان جوشیدن آب را به ترتیب ۱۱ دقیقه و ۱۹ دقیقه کاهش می‌دهد. بنابراین، تأثیرگذاری لایه محافظ با افزایش سرعت باد به میزان قابل‌توجهی افزایش پیدا می‌کند. نتایج همچنین نشان می‌دهد که امکان جوشیدن آب در سرعت ۶/۳ متر بر ثانیه وجود ندارد؛ در حالی که استفاده از لایه محافظ این امر را میسر کرده و آب پس از گذشت ۱۰۵ دقیقه به نقطه جوش می‌رسد.

جدول ۲- زمان جوش ۴ کیلوگرم آب در دو حالت با و بدون لایه محافظ به ازای سرعت‌های باد مختلف

| پارامتر          | نوع سیستم       | سرعت باد (متر بر ثانیه) |     |     |     |
|------------------|-----------------|-------------------------|-----|-----|-----|
|                  |                 | (بدون دمنده)            | ۲/۴ | ۴/۵ | ۶/۳ |
| زمان جوش (دقیقه) | بدون لایه محافظ | ۴۵                      | ۶۱  | ۷۵  | --- |
|                  | با لایه محافظ   | ---                     | ۵۰  | ۵۶  | ۱۰۵ |

تغییرات توان و اگزرژی خروجی اجاق خورشیدی در سرعت باد ۴/۵ متر بر ثانیه و در دو حالت با و بدون لایه محافظ در شکل ۴ نشان داده شده است. نرخ افزایش دما و توان سیستم با توجه به رابطه (۲)، برای هر گام زمانی در طول آزمایش کاهش می‌یابد. همچنین استفاده اجاق خورشیدی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. همچنین استفاده از لایه محافظ سبب افزایش توان و اگزرژی اجاق خورشیدی می‌شود؛ این افزایش در شروع آزمایش اندک و با گذشت زمان و افزایش دما (و به تبع افزایش تلفات) زیاد می‌شود. میانگین توان و اگزرژی سیستم هم در حالت بدون لایه محافظ به ترتیب ۲۲۲/۴ و ۲۲/۹ وات بر مترمربع است که استفاده از لایه محافظ ۲۲/۸٪ و ۲۶/۶٪ بهبود می‌یابد.

## ۳- تحلیل ترمودینامیکی اجاق خورشیدی

### ۳-۱- تحلیل انرژی

در اجاق خورشیدی سهموی به‌عنوان یک سیستم، انرژی ورودی از تابش خورشید توسط رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$\dot{E}_{in} = G A_a \quad (1)$$

در این رابطه،  $G$  شدت تابش خورشید در هر گام زمانی و  $A_a$  مساحت دهانه سطح سهموی است. توان اجاق خورشیدی در هر گام زمانی با استفاده رابطه (۲) تعیین می‌شود [۱۷]:

$$\dot{E}_{out} = \frac{m_w C_w (T_{wf} - T_{wi})}{\Delta t} \quad (2)$$

در رابطه بالا،  $\Delta t$  گام زمانی و  $m_w$  و  $C_w$  به ترتیب جرم آب و گرمای ویژه آب هستند.  $T_{wf}$  و  $T_{wi}$  هم دمای آب در ابتدا و انتهای هر گام زمانی هستند. با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲)، بازده انرژی اجاق خورشیدی با متمرکزکننده توسط رابطه (۳) قابل محاسبه است:

$$\eta = \frac{\dot{E}_{out}}{\dot{E}_{in}} \quad (3)$$

### ۳-۲- تحلیل اگزرژی

اگزرژی ورودی در حقیقت اگزرژی تابش خورشیدی دریافتی است که توسط رابطه (۴) تعیین می‌شود [۱۸]:

$$\dot{E}x_{in} = G A_a \left[ 1 - \frac{4}{3} \left( \frac{T_{amb}}{T_s} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{T_{amb}}{T_s} \right)^4 \right] \quad (4)$$

در این رابطه،  $T_{amb}$  نشان‌دهنده دمای محیط است. همچنین،  $T_s$  دمای خورشید به‌عنوان یک جسم بوده که برابر ۵۸۰۰ کلوین است [۱۹]. اگزرژی خروجی اجاق خورشیدی با متمرکزکننده از تغییرات اگزرژی آب در هر گام زمانی محاسبه شده که در رابطه (۵) بیان می‌شود [۲۰]:

$$\dot{E}x_{out} = \frac{m_w C_w [(T_{wf} - T_{wi}) - T_{amb} \ln(\frac{T_{wf}}{T_{wi}})]}{\Delta t} \quad (5)$$

با استفاده از رابطه‌های (۴) و (۵)، بازده اگزرژی اجاق خورشیدی با متمرکزکننده توسط رابطه (۶) قابل محاسبه است:

$$\varepsilon = \frac{\dot{E}x_{out}}{\dot{E}x_{in}} \quad (6)$$

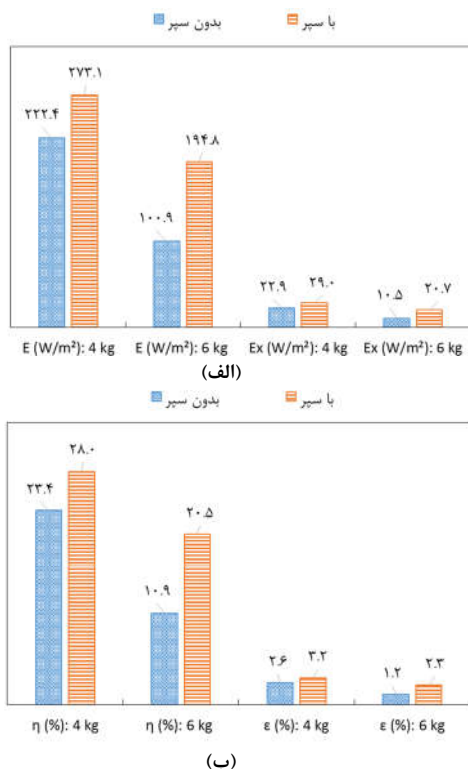
## ۴- نتایج

در این بخش، اثر لایه محافظ بر عملکرد اجاق خورشیدی به ازای سرعت‌های باد و جرم آب مختلف بررسی می‌شود:

### ۴-۱- بررسی اثر لایه محافظ در سرعت بادهای مختلف

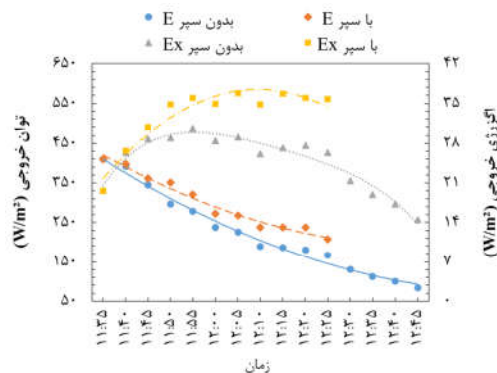
به‌منظور بررسی اثر لایه محافظ در شرایط بادخیز، آزمایش‌ها در سه سرعت باد ۲/۴، ۴/۵ و ۶/۳ متر بر ثانیه و در دو حالت با و بدون لایه محافظ انجام شده است. در شکل ۳ اثر استفاده از لایه محافظ بر تغییرات دمای ۴ کیلوگرم آب و در سرعت باد ۴/۵ متر بر ثانیه نشان داده شده است. تغییرات دما در دو نمودار تا ساعت ۱۱:۴۵ دقیقه تقریباً یکسان است، اما با گذشت زمان و افزایش دمای آب اثر لایه محافظ به وضوح آشکار می‌شود.

با توجه به این شکل، ۶ کیلوگرم آب در حالت بدون لایه محافظ پس از ۱۵۰ دقیقه به دمای ۹۴/۲ درجه سلسیوس می‌رسد و بعد از آن به مدت زمان ۱۰ دقیقه (تا ساعت ۱۴:۱۰) تقریباً ثابت می‌ماند ولی در سیستم همراه با لایه محافظ، این مقدار آب در مدت ۸۵ دقیقه به دمای جوش می‌رسد که این نشان‌دهنده اثر لایه محافظ است. نتایج همچنین اثبات می‌کند که به دلیل بالاتر بودن تلفات گرما، اثر لایه محافظ بر دمای آب در سیستم شامل ۶ کیلوگرم آب بیشتر از سیستم با ۴ کیلوگرم آب است. توان و اگزرژی خروجی، بازده انرژی و اگزرژی سیستم در دو حالت با و بدون لایه محافظ و با جرم‌های مختلف آب در شکل‌های ۶ (الف) و (ب) نشان داده شده است.



شکل ۶- تغییرات (الف) توان و اگزرژی خروجی و (ب) بازده انرژی و اگزرژی در دو حالت با و بدون لایه محافظ و جرم‌های مختلف آب

میانگین توان و اگزرژی خروجی سیستم در حالت با لایه محافظ و به ازای جرم ۶ کیلوگرم به ترتیب ۱۹۴/۸ و ۲۰/۷ وات بر مترمربع است. با افزایش جرم آب از ۴ به ۶ کیلوگرم توان و اگزرژی خروجی اجاق خورشیدی در دو حالت کم می‌شود. به عنوان نمونه در سیستم با لایه محافظ، کاهش توان اجاق خورشیدی ۷۸/۳ و اگزرژی خروجی ۸/۳ وات بر مترمربع بوده است. همچنین، تأثیرگذاری لایه محافظ بر بازده انرژی و اگزرژی اجاق خورشیدی در حالت ۶ کیلوگرم آب بیشتر از ۴ کیلوگرم است. با استفاده از لایه محافظ، میزان بهبود بازده انرژی و اگزرژی اجاق خورشیدی به ازای جرم ۴ کیلوگرم به ترتیب ۴/۶٪ و ۰/۱۶٪ است. با افزایش جرم آب به ۶ کیلوگرم این میزان بهبود در عملکرد سیستم به ترتیب ۹/۶٪ و ۱/۱٪ است.



شکل ۴- تغییرات توان و اگزرژی خروجی اجاق خورشیدی در آزمایش مربوط به سرعت باد ۴/۵ متر بر ثانیه

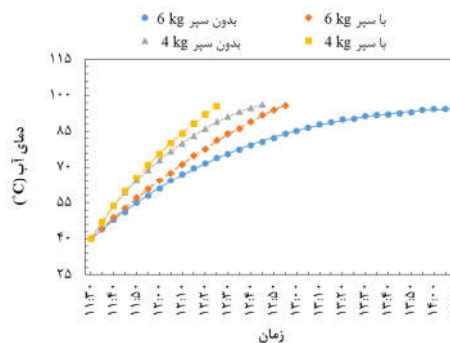
میانگین بازده انرژی و اگزرژی اجاق خورشیدی در دو حالت با و بدون لایه محافظ و به ازای سرعت‌های باد مختلف در جدول ۲ بیان شده است. با توجه به روابط (۳) و (۶)، با افزایش سرعت باد توان و اگزرژی خروجی و در نتیجه بازده انرژی و اگزرژی کاهش می‌یابد بنابراین به کارگیری لایه محافظ نقش مهمی در بهبود بازده اجاق خورشیدی ایفا می‌کند. همچنین تأثیر لایه محافظ بر بازده انرژی و اگزرژی در سرعت‌های باد بالاتر، بیشتر است و بازده انرژی در سیستم با لایه محافظ به ازای سرعت‌های باد ۲/۴ و ۶/۳ متر بر ثانیه به ترتیب حدود ۴/۷٪ و ۶/۳٪ از سیستم بدون لایه محافظ بیشتر است. این افزایش در بازده اگزرژی به ترتیب ۰/۷٪ و ۰/۹٪ بدست آمده است.

جدول ۲- میانگین بازده انرژی و اگزرژی اجاق خورشیدی در دو حالت با و بدون لایه محافظ به ازای سرعت‌های باد مختلف

| پارامتر          | نوع سیستم       | سرعت باد (متر بر ثانیه) |      |      |      |
|------------------|-----------------|-------------------------|------|------|------|
|                  |                 | بدون دمنده              | ۲/۴  | ۴/۵  | ۶/۳  |
| بازده انرژی (%)  | بدون لایه محافظ | ۳۸/۷                    | ۲۹/۸ | ۲۳/۴ | ۱۰/۳ |
|                  | با لایه محافظ   | ---                     | ۳۴/۵ | ۲۸   | ۱۶/۶ |
| بازده اگزرژی (%) | بدون لایه محافظ | ۴                       | ۲/۹  | ۲/۶  | ۱/۳  |
|                  | با لایه محافظ   | ---                     | ۳/۶  | ۳/۲  | ۲/۲  |

## ۲-۴- بررسی اثر لایه محافظ به ازای جرم‌های مختلف آب

در این بخش، آزمایش‌ها با ۴ و ۶ کیلوگرم آب و در دو حالت با و بدون لایه محافظ و سرعت باد ۴/۵ متر بر ثانیه انجام شدند (شکل ۵).



شکل ۵- تغییرات دمای آب در دو حالت با و بدون لایه محافظ به ازای جرم‌های مختلف آب

- Performance of an Evacuated Tube Solar Cooker. Journal of mechanical engineering, 2021; 52(2): 271-278.
- [6] Zamani, H, Moghiman, M, Kayanifar, A. Experimental study of the effects of parabolic reflective surface on the performance of a solar cooker. Journal of mechanical engineering, 2014; 45(4): 47-53.
- [7] Terres H, Chávez S, Lizardi A, López R, Vaca M, Lara A, et al., editors. Thermal and Exergy Evaluation of a Parabolic Solar Cooker for Domestic use at Home. Journal of Physics: Conference Series. 2021; 1723:1-6.
- [8] Kumar A, Shukla SK, Kumar A. Heat loss analysis: An approach toward the revival of parabolic dish type solar cooker. International Journal of Green Energy. 2018;15(2):96-105.
- [9] Hosseinzadeh M, Zamani H, Mirzababae SM, Faezian A, Zarrinkalam F. Experimental Investigation of the Effect of Wind Speed on the Performance of a Portable Parabolic Solar Cooker from Energy and Exergy Viewpoints. Modares Mechanical Engineering. 2020;20(6):1525-32.
- [10] Kumar S, Kandpal TC, Mullick SC. Heat losses from a paraboloid concentrator solar cooker: Experimental investigations on effect of reflector orientation. Renewable energy. 1993;3(8):871-6.
- [11] Hosseinzadeh M, Mirzababae SM, Zamani H, Faezian A, Zarrinkalam F. Modeling of an evacuated tube solar cooker and investigation of weather parameters effect. Modares Mechanical Engineering. 2019;19(7):1573-84.
- [12] Badran AA, Yousef IA, Joudeh NK, Al Hamad R, Halawa H, Hassouneh HK. Portable solar cooker and water heater. Energy Conversion and Management. 2010;51(8):1605-9.
- [13] Habeebullah MB, Khalifa AM, Olwi I. The oven receiver: an approach toward the revival of concentrating solar cookers. Solar Energy. 1995;54(4):227-37.
- [14] Abou-Ziyan HZ. Experimental investigation of tracking paraboloid and box solar cookers under Egyptian environment. Applied Thermal Engineering. 1998;18(12):1375-94.
- [15] Kalbande SR, Kothari S, Nadre RG, Mathur AN. Design theory and performance analysis of paraboloidal solar cooker. Applied Solar Energy. 2008;44:103-12.
- [16] Yazdanpanahi J, Sarhaddi F, Adeli MM. Experimental investigation of exergy efficiency of a solar photovoltaic thermal (PVT) water collector based on exergy losses. Solar Energy. 2015;118:197-208.
- [17] Hosseinzadeh M, Sadeghirad R, Zamani H, Kianifar A, Mirzababae SM. The performance improvement of an indirect solar cooker using multi-walled carbon nanotube-oil nanofluid: An experimental study with thermodynamic analysis. Renewable Energy. 2021;165:14-24.
- [18] Chow TT, Pei G, Fong KF, Lin Z, Chan ALS, Ji J. Energy and exergy analysis of photovoltaic-thermal collector with and without glass cover. Applied Energy. 2009;86(3):310-6.
- [19] Kumar N, Vishwanath G, Gupta A. An exergy based unified test protocol for solar cookers of different geometries. Renewable Energy. 2012;44:457-62.
- [20] González-Avilés M, Urrieta OR, Ruiz I, Cerutti OM. Design, manufacturing, thermal characterization of a solar cooker with compound parabolic concentrator and assessment of an integrated stove use monitoring mechanism. Energy for Sustainable Development. 2018;45:135-41.

## ۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کارایی لایه محافظ به ازای سرعت‌های باد مختلف و جرم‌های مختلف آب در یک اجاق خورشیدی سهموی از دو دیدگاه انرژی و انرژی بررسی گردید و نتایج زیر به دست آمده است:

- اثر لایه محافظ بر زمان جوش آب با زیاد شدن سرعت باد به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌یابد.
- استفاده از لایه محافظ میانگین توان و انرژی خروجی اجاق خورشیدی برای سرعت باد ۴/۵ متر بر ثانیه و جرم آب ۴ کیلوگرم را به ترتیب حدود ۲۲/۸٪ و ۲۶/۶٪ بهبود می‌بخشد.
- تأثیر لایه محافظ بر بازده انرژی و انرژی در سرعت‌های باد بالاتر بیشتر است؛ در سرعت‌های باد ۲/۴ و ۶/۳ متر بر ثانیه بازده انرژی ۴/۷٪ و ۶/۳٪ و بازده انرژی به ترتیب ۰/۷٪ و ۰/۹٪ می‌باشد.
- تأثیرگذاری لایه محافظ بر بازده انرژی و انرژی سیستم در حالت ۶ کیلوگرم آب بیشتر از ۴ کیلوگرم است؛ بازده انرژی و انرژی به ازای جرم ۴ کیلوگرم به ترتیب ۴/۶٪ و ۰/۶٪ است که با افزایش جرم آب تا ۶ کیلوگرم به ترتیب به ۹/۶٪ و ۱/۱٪ افزایش می‌یابد.

## ۶- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی که امکان انجام این پژوهش را فراهم نمود، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

## ۷- نمادها

|             |                              |
|-------------|------------------------------|
| A           | مساحت در معرض تابش ( $m^2$ ) |
| amb         | محیط                         |
| C           | گرمای ویژه ( $J/kg.K$ )      |
| $\dot{E}$   | توان (W)                     |
| $\dot{E}_x$ | شدت انرژی (W)                |
| G           | شدت تابش ( $W/m^2$ )         |
| m           | جرم (kg)                     |
| T           | دما ( $^{\circ}C$ )          |
| t           | زمان (s)                     |
| $\eta$      | بازده انرژی (%)              |
| $\epsilon$  | بازده انرژی (%)              |

## ۸- مراجع

- [1] Srivastava SK, Shukla A, Tiwari R, Rai AK. Studies on solar box cooker with thermal energy storage. International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology. 2020;11(10):410-17.
- [2] Ahmed SMM, Al-Amin MR, Ahammed S, Ahmed F, Saleque AM, Rahman MA. Design, construction and testing of parabolic solar cooker for rural households and refugee camp. Solar Energy. 2020;205:230-40.
- [3] Hussein HMS, El-Ghetany HH, Nada SA. Experimental investigation of novel indirect solar cooker with indoor PCM thermal storage and cooking unit. Energy conversion and management. 2008;49(8):2237-46.
- [4] Arunachala UC, Kundapur A. Cost-effective solar cookers: A global review. Solar Energy. 2020;207:903-16.
- [5] Hosseinzadeh, M, Mirzababae, SM, Zamani, H, Experimental Study of the Effect of Sun Tracking on the