



طراحی، ساخت و ارزیابی عملکرد خشک کن خورشیدی مجهز به چرخ جاذب رطوبت

مجید رهنما - دانشجوی دکتری ماشین آلات کشاورزی - دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

کمال عباسپورثانی - استادیار گروه تبدیل انرژی - دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد واحد تاکستان

مجید خوش تقاضا و حسین برات قبادیان - دانشیار گروه ماشین آلات کشاورزی - دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

E-mail: m_rahnema@yahoo.com

چکیده: برای جلوگیری از افت کیفیت محصول و برای بالا بردن راندمان خشک کن می توان رطوبت هوای ورودی را بوسیله سیستم جاذب رطوبت کاهش داد. در این مطالعه برای خشک کردن و تنظیم رطوبت خرما، خشک کن خورشیدی مجهز به چرخ جاذب رطوبت طراحی و ساخته شد. پس از مراحل ساخت و نصب، مقدار کاهش رطوبت و ضریب عملکرد رطوبت زدایی چرخ جاذب در سرعت های مختلف چرخ طی آزمایش هایی تعیین شدند. نتایج نشان می دهد که ظرفیت دفع رطوبت و ضریب کارایی رطوبت زدایی چرخ جاذب با افزایش سرعت چرخ جاذب افزایش می یابد. بیشترین مقدار ضریب کارایی رطوبت زدایی چرخ جاذب (۰/۶۱) در سرعت چرخ ۳۰ دور بر ساعت حاصل شد. همچنین نتایج آزمایش ها در سرعت های ثابت چرخ جاذب نشان می دهد که با افزایش دبی جرمی هوا در فرایند احیاء و کاهش دبی جرمی هوا در فرایند خشک کردن، ضریب کارایی رطوبت زدایی چرخ جاذب کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: خشک کن خورشیدی، چرخ جاذب، سلیکاژل، خرما، استعمران و دیاگرام رطوبت تعادلی.

Design, Manufacturing and Performance Evaluation of a Solar Dryer with a Desiccant Wheel

M. rahnema, Phd Student, Dept. of Machinery Eng., Faculty of Agricultural. Trbyat Moddress Univ.

K. Abbaspoursani, Ass. Prof., Dept. of Energy Conversion, Faculty of Mech. Eng., TIAU

M. Khosh taghaza and H. B. Gobadian, Faculty of Agricultural. Trbyat Moddress Univ.

Abstract: To avoid from the loss quality of products and to maximize the efficiency of a dryer, decrease the moisture content of air by using a moisture absorbing system. Hence, a solar dryer combined with desiccant wheel was designed and fabricated in this research. After manufacturing of the dryer and its installation, moisture removal capacity (D) and dehumidification coefficient of performance (DCOP) of desiccant wheel were calculated at different speeds of desiccant wheel. The results shown D and DCOP increased with increasing desiccant wheel. The maximum of Dehumidification coefficient of performance (DCOP) were 0.61 at 30 rph of desiccant wheel. Results also shown at the different desiccant wheel speeds, DCOP increased with increasing mass flow of regeneration and decreasing mass flow of proceed air.

Keywords: solar dryer, silica gel, desiccant wheel, dryer performance and moisture removal capacity.

۱- مقدمه

احمد و همکاران [۳]. طی مطالعه‌ای مشخصات بهینه یک چرخ جاذب که برای احیاء از انرژی خورشیدی در محدوده دمایی ۶۰ تا ۹۰°C استفاده می‌کرد، تعیین نمودند. شانمیوکاما و ناتاراجان [۴]. از یک خشک‌کن خورشیدی با چرخ جاذب رطوبت برای خشک کردن نخود استفاده نمودند بطوری که ادامه فرایند خشک کردن در شب و موقعی که نور خورشید وجود نداشت، توسط چرخ جاذب عملی بود. دای و همکاران در سال ۲۰۰۲ برای نگهداری غلات، خشک‌کن خورشیدی مجهز به چرخ جاذب رطوبت با دمای کارکرد ۱۰۰°C ساختند [۵]. وانگ و الیورا برای تولید قالب‌های یخی از یک سیستم جذب رطوبت استفاده کردند که انرژی لازم را از تابش خورشید و یا پسماند محصولات کشاورزی تامین می‌کرد [۶]. میزان تولید روزانه یخ این دستگاه ۴ kg یخ به ازای دو متر مربع مساحت جمع‌کننده خورشیدی بود و می‌توانست دمای ۲۰°C- را در دمای احیای ۱۱۵°C ایجاد کند.

یکی از عوامل موثر در انبارداری و انجام فرآیندهای پس از برداشت محصولات کشاورزی، تنظیم رطوبت محصول می‌باشد که عموماً با استفاده از خشک‌کن صورت می‌گیرد. تاکنون خشک‌کن‌های زیادی برای محصولات مختلف کشاورزی طراحی و ساخته شده است که اکثر این خشک‌کن‌ها با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند. در طی چند دهه اخیر بکارگیری نیروی برق و انرژی خورشیدی در خشک‌کن‌ها به دلیل کاهش نشر گازهای گلخانه‌ای و محافظت از محیط زیست رایج شده است. تنظیم رطوبت برخی محصولات کشاورزی نظیر چای، انگور، خرما و ... در دمای بالا و در طی مدت زمان طولانی باعث افت کیفیت محصول در نتیجه برخی فرایندهای شیمیایی، تجزیه، تخمیر می‌شود. خرما محصولی است که به کندی رطوبت از دست می‌دهد و نیاز به زمان زیادی برای خشک کردن دارد [۱].

در این مطالعه، خشک‌کن خورشیدی با چرخ جاذب رطوبت برای خشک‌کردن خرما رقم استعمران برای شرایط اقلیمی اهواز طراحی و ساخته شد و پس از آن آزمایش‌هایی برای تعیین ضریب کارایی، ضریب رطوبت‌زدایی و سرعت بهینه چرخ جاذب انجام شد. این مقاله به بررسی و تحلیل برخی نتایج این مطالعه می‌پردازد.

در مناطق مرطوب که رطوبت نسبی هوا بالا است، عمل خشک‌کردن به کندی صورت می‌گیرد. در این حالت برای جلوگیری از افت کیفیت محصول و برای تسریع عمل خشک کردن می‌توان رطوبت هوای ورودی به خشک‌کن را بوسیله سیستم جاذب رطوبت کاهش داد. در این سیستم عموماً هوا قبل از ورود به محفظه خشک‌کن رطوبت خود را از دست می‌دهد تا ظرفیت جذب رطوبت آن افزایش یابد. در صنایع تهویه مطبوع استفاده زیادی از مواد جاذب رطوبت می‌شود و در سالهای اخیر استفاده کمی از سیستم‌های جاذب رطوبت در کشاورزی شده است [۲]. استفاده از انرژی خورشیدی در سیستم‌های جاذب رطوبت برای کاهش مصرف انرژی و نیز افزایش راندمان خشک‌کن بسیار مهم است و تاکنون کارهای مختلفی در طراحی و توسعه این سیستم‌ها انجام شده است.

۲- شرح دستگاه تجربی

طرحواره دستگاه تجربی ساخته شده در شکل (۱) نشان داده شده است. این خشک‌کن از دو جمع‌کننده خورشیدی (اولی برای احیای چرخ جاذب و دومی برای گرم کردن هوای خشک)، چرخ جاذب، سیستم تامین و انتقال نیرو، کانال‌های رابط، شاسی‌ها، دمنده‌ها و محفظه خشک‌کن تشکیل شده است. عملکرد این خشک‌کن شامل دو فرآیند مختلف احیاء و خشک و گرم کردن

۴- ساخت دستگاه

چرخ جاذب دستگاه از دو استوانه متداخل به قطر ۱۲ و ۳۶ cm ساخته شد. استوانه داخلی توسط ۱۲ ورق گالوانیزه به ضخامت ۲ mm در مرکز استوانه خارجی ثابت نگاه داشته می‌شود. ضخامت چرخ ۲۰ cm است. در روی استوانه خارجی در وسط آن پولی نوع A به قطر ۴۰ cm جهت انتقال قدرت از الکتروموتور قرار داده شد. دو طرف چرخ جاذب با ورقی مشبک به ضخامت ۰/۵ mm پوشانده شد. قطر محور چرخ ۱/۵ cm است که با دو بلبرینگ تخت به شاسی چرخ متصل شده است. دانه‌های ژل سلیکا که در حدود ۳ الی ۵ mm قطر دارند، با چسب به رو و پشت ورقهای نازک آلومینیمی چسبانده شده و داخل چرخ بطور شعاعی با فاصله مشخص قرار گرفت تا از افت فشار هوا کاسته شود. چرخ جاذب ساخته شده در شکل (۵) نشان داده شده است.

شاسی چرخ جاذب از دو قاب جداگانه ساخته شده است. قاب اول یک چهارچوب مکعب مستطیلی به ابعاد ۲۰×۲۰×۶۰ cm است که از پروفیل قوطی ۲×۲ cm استفاده شده است. چرخ جاذب، داخل این قاب قرار می‌گیرد و از دو طرف چرخ بوسیله صفحه‌های ۱/۵ mm محافظت می‌شود. وظیفه این صفحه‌ها آبیندی جانبی چرخ و محل نصب کانالهای هوا است. در وسط این صفحه‌ها دریچه‌هایی به قطر ۳۶ cm ایجاد و توسط صفحاتی به عرض ۱۰ cm به دو قسمت تقسیم می‌شوند. یک بخش این دریچه‌ها که ۳۳٪ کل سطح قاعده چرخ را شامل می‌شود، کانال هوای احیاء به آن وصل می‌شود و بخش دیگر که ۶۷٪ سطح چرخ را شامل می‌شود، محل اتصال کانال هوای ورودی به محفظه خشک‌کن می‌باشد. قاب دوم از پروفیل ۴×۴ cm به ابعاد ۱۰۰×۴۴ cm ساخته شده و دارای پایه‌های به طول ۱۵ cm است. قاب اول به همراه بلبرینگها و الکتروموتور روی این شاسی سوار می‌شود. در شکل (۶) چرخ جاذب و اجزای

تشکیل می‌گردد. در یک فرآیند، هوای محیط وارد جمع‌کننده اولیه شده و پس از گرم شدن به چرخ جاذب دمیده می‌شود تا ماده جاذب رطوبت چرخ حاوی سلیکاژل را احیاء کند (فرآیند احیاء). در فرآیند دیگر، هوای محیط ضمن عبور از چرخ جاذب، رطوبت خود را از دست داده و پس از گرم شدن در جمع‌کننده ثانویه، وارد محفظه خشک‌کن می‌شود. (فرآیند خشک و گرم کردن)

۳- فرضیات طراحی

با توجه به فرضیه اصلی مبنی بر بکارگیری انرژی خورشیدی در فرآیند احیاء و فرآیند گرم کردن هوای خشک شده بوشیله چرخ جاذب، از سلیکا ژل به خاطر دمای احیاء پایین و قدرت جذب نسبتاً بالای آن به عنوان ماده جاذب رطوبت استفاده شد [۳]. دمای احیاء برای این ماده بین ۶۰°C تا ۹۰°C در گزارش‌ها اعلام شده است که می‌تواند بوسیله انرژی خورشیدی یا پسماندهای کشاورزی تامین شود [۷، ۸ و ۹]. مناسبترین جریان جرمی هوای عبوری از خشک‌کن ۱ الی ۱ kg/s و سرعت بهینه این جریان در فرایندهای احیاء و گرمایش هوای خشک شده در حدود ۲ m/s گزارش شده است [۳] و [۱۰].

نسبت سطحی از چرخ جاذب که در مقابل جریان هوای احیاء قرار می‌گیرد به سطح کل چرخ جاذب از یک چهارم تا یک دوم بر حسب دمای احیاء و نوع احیاء کننده متغیر، ضخامت چرخ جاذب در حدود ۲۰ الی ۳۰ cm و سرعت چرخش چرخ جاذب بین ۱۰ الی ۶۰ دور بر ساعت اعلام شده است [۳ و ۱۱]. شرایط اقلیمی (دمای محیط، رطوبت نسبی و شدت تابش خورشیدی) در شهر اهواز از گزارش سازمان هواشناسی کشور طی هشت سال گذشته اقتباس شده است [۱۲]. در جدول (۱) فرضیه‌های طراحی برای خشک‌کن درج شده است.

نگهدارنده آن و سایر قسمت‌های دستگاه ساخته شده نشان داده شده است.

سیستم انتقال قدرت برای چرخاندن چرخ جاذب با دورهای متفاوت طراحی شده و شامل الکتروموتور، جعبه دنده، منبع تغذیه، پولی‌ها و سیستم تامین فشار یکنواخت تسمه می‌باشد. محفظه خشک‌کن از محفظه‌ای دو جداره به ابعاد $100 \times 50 \times 6$ cm و ضخامت جداره 5 cm از ورق کالوئیزه به ضخامت 0.5 mm ساخته شده و از پشم و شیشه برای عایق‌بندی بین جداره‌ها، استفاده شده است. یک رطوبت‌ساز برقی در زیر محفظه خشک‌کن و داخل قاب آن برای واقعی که نیاز به افزایش رطوبت می‌باشد، نصب شده است. در ساخت جمع‌کننده‌ها از ورقه‌های فولادی استفاده شده است. ابعاد جمع‌کننده اول $100 \times 200 \times 10$ cm و جمع‌کننده دوم 100×150 cm است. این جمع‌کننده‌ها مجهز به پایه‌های تلسکوپی برای تنظیم زاویه نسبت به سطح افق می‌باشند. کانالهای رابط از ورق گالوانیزه 0.4 mm ساخته شد و برای اتصال آنها به کانالها از برزنت استفاده شد.

۵- آزمایش‌های تجربی

به منظور تعیین عملکرد و کارایی چرخ جاذب و خشک‌کن خورشیدی ساخته شده، دستگاه مذکور در شرایط اقلیمی شهر اهواز مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایش‌ها در دو دبی جرمی هوای ورودی به خشک‌کن $2/3$ و $3/9$ kg/min و دو دبی جرمی هوای احیای $1/9$ و $3/1$ kg/min در سرعت‌های 10 ، 20 و 30 دور بر ساعت (rph) چرخ جاذب انجام گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای مختلف هوا شامل دما و رطوبت نسبی هوای محیط، هوای خروجی از جمع‌کننده‌های اوایه و ثانویه، ورودی به چرخ جاذب و خروجی از آن در جدول (۴) درج شده است.

۶- نتایج آزمایش‌ها

عموماً چرخ جاذب به وسیله دو عامل ظرفیت دفع رطوبت (Moisture removal capacity) (D) و ضریب عملکرد رطوبت‌زدایی چرخ جاذب (-Dehumidification coefficient of performance, DCOP) ارزیابی می‌شود که معادله آنها به شرح زیر می‌باشد [۱۲].

$$D = (\omega_1 - \omega_2) \quad (1)$$

$$DCOP = \frac{\dot{m}_p L(\omega_1 - \omega_2)}{\dot{m}_r (h_{r1} - h_{r2})} \quad (2)$$

در روابط فوق \dot{m}_p و \dot{m}_r به ترتیب دبی جرمی (kg/s) هوای ورودی به چرخ در فرایندهای خشک شدن و احیاء کردن است. L ، گرمای نهان تبخیر آب (J/kg) و h_{r1} و h_{r2} به ترتیب آنتالپی هوای (J/kg) ورودی و خروجی از چرخ جاذب برای هوای احیاء کننده و ω_1 و ω_2 مقدار نسبت رطوبت (kg/kg) هوای ورودی به چرخ و خروجی از آن برای هوای خشک شده می‌باشد. با استفاده از نتایج آزمایش‌های انجام شده مندرج در جدول (۴) و با بکارگیری روابط فوق ظرفیت دفع رطوبت و ضریب عملکرد رطوبت‌زدایی چرخ جاذب تعیین و نتایج آن در شکل‌های (۷) و (۸) نشان داده شده است. بطوری که در شکل (۷) دیده می‌شود، با افزایش سرعت چرخ جاذب برای تمام دبی‌ها بجز سرعت 20 دور بر ساعت و $3/9$ kg/min $\dot{m}_p = 1/9$ kg/min که به دلیل دمای احیای پایین (جدول ۴) راندمان کاهش یافته است، مقدار ظرفیت عملکرد رطوبت‌زدایی چرخ جاذب افزایش یافته است. حداکثر ضریب عملکرد رطوبت‌زدایی چرخ جاذب در سرعت چرخ 30 دور بر ساعت در دبی جرمی هوا برای خشک شدن $3/9$ kg/min و دبی جرمی هوا برای احیای چرخ جاذب $3/1$ kg/min حاصل شد که مقدار آن برابر 0.61 بود. همچنین در شکل (۷) مشاهده

شرایط مختلف مورد آزمایش قرار گرفت. ارزیابی چرخ جاذب به کمک دو پارامتر ظرفیت دفع رطوبت و ضریب عملکرد رطوبت‌زدایی انجام گرفت. نتایج نشان داد که شرایط بهینه چرخ جاذب در سرعت ۳۰ دور بر ساعت با دبی جرمی هوای ورودی به چرخ برای خشک شدن و احیاء به ترتیب با مقادیر ۳/۱ و ۲/۳ kg/min حاصل شد. در این شرایط بهینه ضریب عملکرد رطوبت‌زدایی (DCOP) و ظرفیت دفع رطوبت (D) چرخ جاذب به ترتیب ۰/۶۱ و ۱/۲ حاصل شد.

۸- مراجع

- [1] Navarro, S. 2006. Post harvest treatment of dates, Stewart Post harvest Review. Int. J. for reviews in Postharvest Biology and Technology.
- [2] Thoruwa, T. F. N., Grant, A. D., Smith, J. D. and Johnstone. C. M. 1998. A Solar-regenerated desiccant dehumidifier for the aeration of stored grain in the humid tropics. J. agric. Engng Res. V: 71. P: 257- 262.
- [3] Ahmed, M. H., Kattab, N. M. and Fouad, M. 2005. Evaluation and optimization of solar desiccant wheel performance. Renewable Energy, V: 30. P: 305-325.
- [4] Shanmugama, V. and Natarajan, E. 2006. Experimental investigation of forced convection and desiccant integrated solar dryer. Renewable Energy. V: 31. P: 1239-1251.
- [5] Dai, Y. J., Wang, R. Z. and Xu, Y. X. 2002. Study of a solar powered solid adsorption desiccant cooling system used for grain storage. Renewable Energy. V: 25. P: 417-430.
- [6] Wang, R. Z., and Oliveira, R. G. 2006. Adsorption refrigeration - An efficient way to make good use of waste heat and solar energy. Progress in Energy and Combustion Science. V: 32. P: 424-458.

می‌شود که در سرعت ثابت چرخ جاذب، با افزایش دبی‌های جرمی هوا، مقدار ضریب عملکرد رطوبت‌زدایی چرخ جاذب افزایش می‌یابد بجز در دبی جرمی هوای خشک شدن kg/min ۲/۳ که با افزایش دبی جرمی هوای احیاء از ۱/۹ به ۳/۱ مقدار DCOP کاهش می‌یابد.

هر چرخ جاذب با توجه به فرضیات طراحی، سرعت چرخش و دبی بهینه دارد و تغییر هر کدام از پارامترهای مذکور باعث کاهش راندمان می‌شود. در چرخ مذکور احتمالاً افزایش دبی جرمی هوای احیاء از ۱/۹ به ۳/۱ kg/min تاثیر زیادی در افزایش ظرفیت دفع رطوبت (D) نداشته است و فقط باعث افزایش تاثیر عوامل کاهنده ضریب عملکرد رطوبت‌زدایی چرخ جاذب (\dot{m}_p و آنتالپی هوای احیاء شده) شده است. روند تغییرات ظرفیت دفع رطوبت چرخ جاذب (D) با توجه به نمودار شکل (۸) همانند روند DCOP است با این تفاوت که در دور بالای ۳۰ دور بر ساعت چرخ جاذب و مقادیر پایین \dot{m}_p و \dot{m}_r ، هوای احیاء کننده نتوانسته است چرخ را احیاء نماید. چون در سرعت بالای چرخ جاذب، هوای احیاء کننده فرصت کافی را برای احیای چرخ جاذب ندارد. همچنین با توجه به شکل (۸)، بطوریکه مشاهده می‌شود، در سرعت ۲۰ دور چرخ جاذب و دبی‌های جرمی هوای خشک شده و احیاء ۳/۹kg/min و ۱/۹kg/min، به دلیل دمای احیای پایین ظرفیت دفع رطوبت چرخ جاذب (D) کاهش یافته است.

۷- نتیجه‌گیری

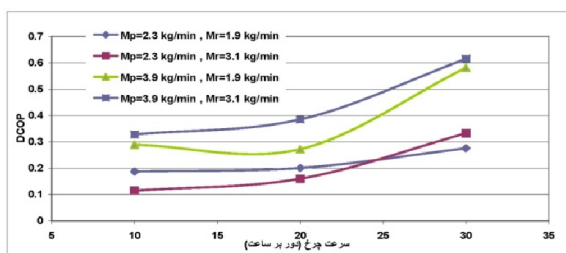
در این مطالعه جهت خشک نمودن خرماي استعمران اهواز یک خشک‌کن خورشیدی با چرخ جاذب رطوبت برای شرایط اقلیمی اهواز طراحی و برخی از پارامترهای طراحی از قبیل دبی جرمی هوا، ابعاد چرخ جاذب و جمع‌کننده‌های خورشید تعیین گردید. پس از ساخت دستگاه جهت ارزیابی چرخ جاذب، در

- [15] Condori, M. and Saravia, L. 2003. Analytical model for the performance of the tunnel-type greenhouse drier. *Renewable Energy*. V: 28. P: 467–485.
- [16] Brooker, B. D., Bakker-Arkema, W. F. and Hall, W. C. (1997). *Drying and storage of grains and oilseeds*. First indian edition. CBS Publishers. 450 Page.
- [17] Mortazavi, A., Saifkordi, A., Kadkhodaei, R. and Shafafi, M. 2008. *An Introduction to Engineering of Food Industries*. Ferdoosi Press. Mashhad, Iran (in Farsi)
- [18] Duffie, J. A. and Beekman, W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sone, New York.
- [19] Jia, C. X., Dai, Y. J., Wu, J. Y. and Wang, R. Z. (2006). Experimental comparison of two honeycombed desiccant wheels fabricated with silica gel and composite desiccant material. *Energy Conversion and Management*. V: 47. Issues 15-16. P: 2523-2534.
- [20] Sonntag, R. E., BorGnakki, C. and Van Wylen, G. J (1998). *Fundamentals of Thermodynamics*. 5th edn. Michigan. Wiley, U.S.A.
- [21] Kolawole, O. F. and Emmanuel, S. A. (2007). Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*. V: 79. P: 724–730.
- [22] Forsona, F. K., Nazha, M. A. A. and Rajakaruna, H. (2003). Experimental and simulation studies on a single pass, double duct solar air heater. *Energy Conversion and Management*. V: 44. P: 1209–1227.
- [7] Ahmed, M. H., 2005. Experimental investigation on the adsorption/ desorption processes using solid desiccant in an inclined-fluidized bed. *Renewable Energy*. V: 30. P: 1913–1921.
- [8] Brian, K. P., Ahmad, A. P., Desikan, B. and Benjamin, S. 1987. *Evaluation of thermally Activated Heat Pump/Desiccant Air conditioning Systems and Components*. Solar energy Reserch Institute. Award NO: 10X-67892V.
- [9] Barlow. S. R. 1998. *Analysis of the Adsorption Process and of Desiccant Cooling Systems - A Pseudo- Steady-State Model for Coupled Heat and Mass Transfer*. Solar Energy Reserch Institiude. Printed in the United States of America. National Technical Information Service U.S. Department of Commerce. 5285 Port Royal Road.
- [10] Restuccia, G. Freni, A. Vasta, S. and Aristov, Y. 2004. Selective water sorbent for solid sorption chiller: experimental results and modeling. *International Journal of Refrigeration*. V: 27. P: 284–293.
- [11] Fatemeh, E. N., Dolf, V. P., and Mohamad, H. S. 2006. Modeling and simulation of desiccant wheel for air conditioning. *Energy and Buildings*. V: 38. P: 1230–1239.
- [12] Jia, C. X., Dai, Y. J., Wu, J. Y. and Wang, R. Z. 2007. Use of compound desiccant to develop high performance desiccant cooling system. *International Journal of Refrigeration*, V: 30. P: 345-353.
- [13] I.R. of Iran Meteorological organization, Annual report, 2008 (in Farsi)
- [14] Ayensu, A. 1997. Dyhydration of food crups Using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy*, V: 59. P: 121-126.



شکل (۳): نمای کلی خشک‌کن خورشیدی با ماده جاذب رطوبت

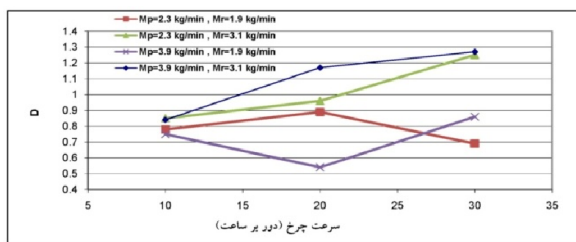
ساخته شده



شکل (۴): تغییرات ضریب رطوبت‌زدایی چرخ جاذب (DCOP) بر

حسب سرعت‌های مختلف چرخ جاذب و دبی‌های

مختلف هوا

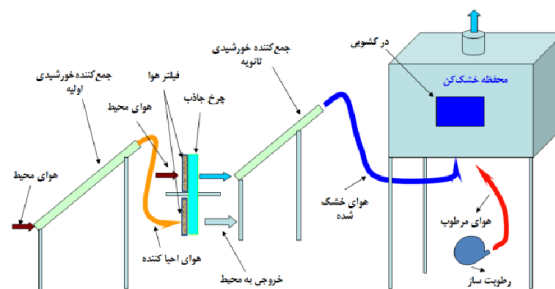


شکل (۵): روند تغییرات مقدار کاهش رطوبت (D) هوا بر حسب

سرعت‌های مختلف چرخ جاذب در دبی‌های مختلف.

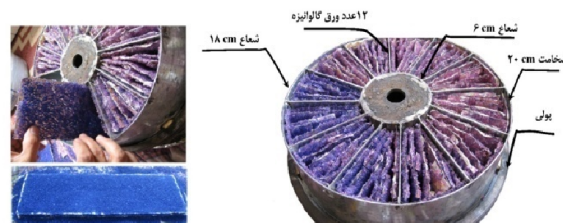
[23] Hajsaghati, A. 2001. Fundamentals and Applications of Solar Energy. 1st (Ed.). Iran Science and Technology University Press. (in Farsi)

[24] Soheili, M. A, Keyhani, R., Abbaspoursani, K. and Akrami, A. (2004), Design and fabrication of a force convection solar dryer for vegetables. M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Theran University. Karaj. Iran. (in Farsi)



شکل (۱): طرحواره دستگاه تجربی خشک‌کن خورشیدی با ماده

جاذب رطوبت



شکل (۲): چرخ جاذب ساخته شده و صفحات پوشیده شده با ماده

جاذب سلیکاژل.

جدول (۱): برخی پارامترهای طراحی خشک‌کن خورشیدی

مرجع	واحد	مقدار	کمیت فیزیکی
شرایط محیط			
	°C	۳۵/۷	دمای محیط
[۱۳]	%	۲۷/۴	رطوبت نسبی
	MJ/m ²	۲۳	انرژی تابش روزانه
[۲۰]	kJ/kg°C	۱/۰۰۴	گرمای ویژه هوا
	kJ/kg	۲۴۱۶	گرمای نهان تبخیر آب
مشخصات خرما			
	kg/m ³	۶۱۰	جرم توده
	mm	۲۰	عرض
	kg	۵	جرم
	%	۴۰	رطوبت اولیه
	%	۱۱	رطوبت نهایی
	day	۱	زمان خشک شدن
مشخصات چرخ جاذب			
	mm	۶۰	قطر داخلی
	mm	۲۰۰	ضخامت چرخ
[۳] و [۱۹]	m/s	۱	سرعت متوسط هوا
[۲۱]		۰/۳۳	نسبت سطح مقطع چرخ در مقابل جریان هوای احیاء
مشخصات سلیکاژل			
[۸]	°C	۶۰	دمای احیاء
	mm	۵-۳	قطر دانه
	kg/m ³	۵۵۰	چگالی توده
مشخصات جمع‌کننده			
[۱۸]		۰/۸۷	ضریب عبور شیشه
[۲۳]		۰/۸۶	ضریب جذب صفحه جاذب
[۲۴]		۰/۵	ضریب دفع حرارتی
[۲۲]	m	۱	عرض جمع‌کننده

جدول (۲): نتایج آزمایش خشک‌کن در سرعت‌های مختلف چرخ

شرایط هوای خشک (خروجی از چرخ جاذب)		شرایط هوای محیط (ورودی به چرخ و جمع‌کننده)		سرعت چرخ (rph)
(°C) t	(%) φ	(°C) t	(%) φ	
۴۶/۱	۸	۳۹/۱	۱۳/۳	۱۰
۴۷/۳	۶/۷	۳۹/۴	۱۲	
۴۶/۹	۷/۲	۳۹/۱	۱۲/۵	
۴۶/۴	۷/۸	۳۹	۱۳/۴	
۴۵/۲	۸/۱	۳۹/۲	۱۳/۱	۲۰
۴۴/۹	۸/۲	۳۹/۱	۱۳/۳	
۳۹/۶	۱۰/۳	۳۵/۲	۱۴/۶	
۴۶/۴	۶/۳	۳۵/۶	۱۴/۹	
۴۵/۸	۶/۱	۳۵	۱۵/۶	۳۰
۴۴/۲	۸/۱	۳۶	۱۶	
۴۴/۷	۶/۷	۳۷	۱۷	
۴۵/۵	۸/۸	۳۷	۱۷	

ادامه جدول (۲): نتایج آزمایش خشک‌کن در سرعت‌های مختلف

شرایط هوای احیاء کننده				سرعت چرخ (rph)
خروجی از چرخ		خروجی از جمع‌کننده و ورودی به چرخ		
(°C) t	(%) φ	(°C) t	(%) φ	
۴۸/۳	۱۰/۹	۶۴/۵	۴	۱۰
۴۷/۵	۱۱	۶۴/۶	۳/۸	
۴۷/۲	۱۰/۴	۶۲/۸	۴/۱	
۴۹	۱۰/۱	۵۹/۹	۴/۹	
۴۷/۱	۱۱/۱	۶۳/۵	۴/۱	۲۰
۴۶/۴	۱۲/۶	۶۲/۱	۴/۴	
۴۴/۹	۱۱/۳	۵۵/۶	۵/۵	
۴۹/۴	۱۰	۶۳/۸	۴/۱	
۴۷/۶	۹/۹	۵۹/۴	۴/۷	۳۰
۴۸/۳	۱۰/۷	۵۸/۵	۵/۳	
۴۸/۷	۱۲	۵۹/۵	۵/۷	
۴۸/۵	۱۲/۲	۵۹/۵	۵/۶	