

خشک کن آفتابی تابش مستقیم قابل کاربرد در مناطق روستایی

حمیدرضا گازر^{۱*} و امیدرضا روستاپور^۲

۱ و ۲: دانشیار و استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

بیان مسئله و اهمیت موضوع

امکان دریافت بیش از ۱۰۰۰ ساعت آفتابی در فصل تابستان و ۸۰۰ ساعت آفتابی در فصل پاییز در کشور ایران وجود دارد. این به دلیل شرایط مناسب اقلیمی در اغلب مناطق کشور است. به کارگیری خشک کن های آفتابی در باغ ها و مزارع می تواند ضمن سرعت بخشیدن به خشک کردن محصولات کشاورزی، مشکلات رایج خشک کردن در فضای باز (حمله پرندگان، حشرات و غیره) را نیز کنترل کند. در خشک کن های آفتابی، جذب و حفظ گرما به همراه تهویه مناسب هوا در طی فرآیند خشک کردن بسیار حائز اهمیت است. یکی از محدودیت های خشک کن های آفتابی، راندمان کم آنها است. با تجهیز خشک کن آفتابی به صفحه های جاذب فلزی و چوبی، راندمان جذب انرژی خورشیدی افزایش یافته و زمان خشک شدن محصول کاهش می یابد. در این مقاله، ضمن معرفی خشک کن آفتابی تابش مستقیم، عملکرد سه نوع صفحه جاذب (چوبی، آهنی و سنگی) به کار رفته در این خشک کن (با ظرفیت ۰/۵ متر مکعب)، برای خشک کردن دو محصول زردآلو و هلو به صورت تک لایه از رطوبت های ۸۵-۱۶ درصد (وزن تر) شرح داده شده است.

معرفی دستورالعمل

خشک کن آفتابی تابش مستقیم با صفحه های جاذب چوبی و فلزی

خشک کن آفتابی تابش مستقیم دارای محفظه ای از جنس چوب، فلز یا مصالح ساختمانی است که انرژی تابشی خورشید از طریق یک صفحه شفاف (معمولاً از جنس شیشه) مایل وارد محفظه آن می شود. قسمت های مختلف دستگاه خشک کن آفتابی تابش مستقیم شامل محفظه خشک کن، صفحه جاذب، دریچه ورود هوا به محفظه، پنکه خروج هوا از محفظه، و سینی های مشبک برای نگهداری محصول است (شکل ۱).

با توجه به وضعیت جغرافیایی ایران و برای استفاده حداکثری از تابش نور خورشید، بایستی این نوع خشک کن رو به جنوب باشد. برای تخلیه هوای داخل خشک کن از دریچه های تعبیه شده (همرفت طبیعی) یا پنکه های مکند هوا در بالاترین قسمت محفظه خشک کن استفاده می شود. برای افزایش قدرت جذب تابش خورشید از صفحه های متنوعی در داخل خشک کن استفاده می شود؛ بنابراین در هر منطقه از کشور، ابتدا بایستی خشک کن به صورتی نصب شود که صفحه شفاف در جهت جنوب قرار گیرد. پس از آن، درب پشت دستگاه باز شده و صفحه جاذب (چوبی یا فلزی) دارای

* نگارنده مسئول: h.gazor@areeo.ac.ir

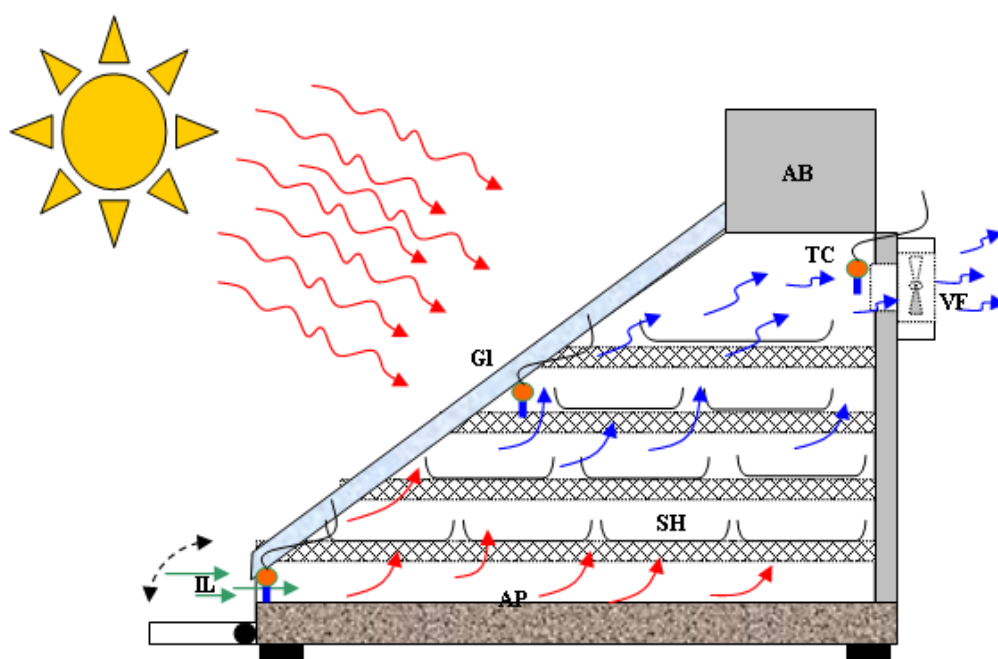
رنگ مشکی در کف محفظه خشک‌کن قرار گیرد. در مرحله آخر، محصول مورد نظر روی طبقه‌های توری شکل قرار گرفته و درب دستگاه خشک‌کن بسته شود. هواکش، روشن شده و متناسب با رطوبت اولیه محصول، سرعت جریان هوا تنظیم شود. اگر محصول دارای رطوبت زیاد باشد (مانند گوجه‌فرنگی)، از بیشترین سرعت خروج هوا در مراحل ابتدایی استفاده شود. با کم شدن رطوبت محصول، به تدریج سرعت هوا را کم کرده و در ساعات‌های پایانی فرآیند، از جریان همرفت هوای گرم استفاده شود. برای جلوگیری از تخمیر و کپک‌زدگی میوه‌ها در حین فرآیند خشک شدن در هنگام شب، حتماً بایستی هواکش دستگاه روشن باشد. بنابراین، برای بهبود فرآیند خشک کردن محصول نیاز به تهویه مناسب در خشک‌کن است. البته بایستی توجه کرد که در صورت افزایش تهویه، از تأثیر گرمای ایجاد شده در داخل خشک‌کن کاسته خواهد شد. زیرا سرعت حرکت هوای گرم ایجاد شده در داخل خشک‌کن آفتابی بیشتر از سرعت انتقال رطوبت از لایه درونی محصول به سطح آن است. در واقع، انرژی تابشی تولید شده در داخل خشک‌کن آفتابی در اثر جریان هوای ایجاد شده در دستگاه به سرعت خارج شده و سبب کاهش دمای سطح محصول می‌شود. لذا بایستی به میزان تهویه لازم در خشک‌کن آفتابی دقت شود. نکته حائز اهمیت دیگر در هنگام خشک کردن محصول با استفاده از خشک‌کن آفتابی، نحوه تهویه خشک‌کن است. وقتی رطوبت موجود در داخل خشک‌کن زیاد باشد، نیاز به تهویه بیشتر و هنگامی که مقدار رطوبت محصول در حد کم باشد، همان تهویه طبیعی برای دستگاه خشک‌کن کافی است. بنابراین، میزان تهویه مورد نیاز یک خشک‌کن آفتابی تابعی از رطوبت محصول و تغییرات آن در خشک‌کن خواهد بود. برای خشک کردن برگه‌های زردآلو و هلو بهترین عملکرد دستگاه خشک‌کن در دبی هوای $0.5 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ است.



شکل ۱- خشک‌کن آفتابی تابش مستقیم و صفحه‌های جاذب مورد استفاده در آن

عملکرد دستگاه خشک‌کن آفتابی

عملکرد دستگاه خشک‌کن آفتابی تابش مستقیم که به صفحه جاذب داخلی مجهز است به صورت شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل مشخص شده، انرژی تابشی خورشید از صفحه شیشه‌ای دو جداره خشک‌کن عبور کرده و روی محصول با صفحه جاذب قرار گرفته، به کف دستگاه برخورد کرده و گرمای وارد شده در محفظه خشک‌کن را تشدید می‌کند. انرژی تابشی حبس شده در دستگاه، هوای وارد شده از دریچه پایین را گرم کرده و هوای گرم پس از عبور از پیرامون سینی‌های توری حاوی محصول، آن را خشک می‌کند. هوای گرم حاوی رطوبت محصول از طریق یک پنکه مکنده از بالای خشک‌کن خارج می‌شود.



IL: دریچه ورود هوا، AP: صفحه جاذب نور خورشید، SH: سبدهای نمونه‌گیری،

GI: شیشه دو جداره باز گاز آرگون، TC: سنسور اندازه‌گیری دما،

AB: محفظه تنظیم، VF: پنکه تخلیه هوا با دور متغیر

شکل ۲- شماتیک خشک‌کن آفتابی و قسمت‌های مختلف آن

تهیه و به‌کارگیری صفحه‌های جاذب در دستگاه خشک‌کن آفتابی

برای به‌کارگیری و تهیه صفحه‌های جاذب چوبی یا فلزی در خشک‌کن‌های آفتابی تابش مستقیم می‌توان از ورق‌های آهنی با ضخامت ۱-۲ میلی‌متر و ورق‌های چوبی نئوپان استفاده کرد. سطح صفحه‌ها نیز با رنگ مشکی مات، رنگ‌آمیزی شود (شکل ۳). این کار در جذب بیشتر نور و گرمای خورشید مؤثرتر است.



شکل ۳- صفحه جاذب در حال پوشش‌دهی با رنگ مشکی

برای افزایش سطح جذب و دریافت تابش بیشتر نور خورشید، بهتر است از ورق آهنی موج‌دار مشکی به‌عنوان صفحه جاذب استفاده شود (شکل ۴).



شکل ۴- صفحه جاذب موج‌دار

فرآیند به‌کارگیری / نحوه اجرایی شدن

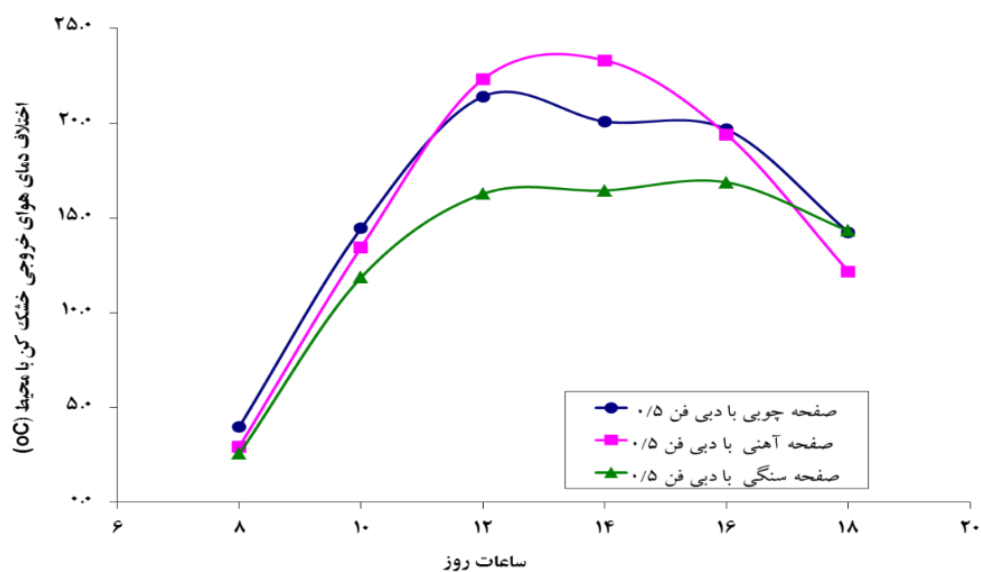
خشک‌کن آفتابی تابش مستقیم را می‌توان با استفاده از امکانات ساده کارگاه‌های نجاری در شهرهای کوچک و روستاها ساخت. همچنین در به‌کارگیری این خشک‌کن‌ها، در صورت فقدان شیشه دوجداره می‌توان از شیشه ساده نیز استفاده کرد. برای افزایش راندمان این خشک‌کن‌ها پیشنهاد می‌شود که محصولات باغی به‌صورت تک‌لایه و متخلخل (پراکندگی بیشتر) روی سینی‌ها قرار گیرند تا نور بیشتری به صفحه جاذب دستگاہ برسد.

مزایا و اثربخشی

- استفاده از خشک‌کن آفتابی تابش مستقیم، حداقل ۳۰ درصد زمان خشک‌شدن برکه زردآلو و هلو را نسبت به شرایط مرسوم (خشک کردن در محیط باز) کاهش می‌دهد. با کاربرد صفحه‌های جاذب و نیز تهویه مناسب در دستگاہ خشک‌کن، راندمان خشک کردن محصول بهبود خواهد یافت. در شرایط مناسب تابش خورشید، محصول در این خشک‌کن در حدود ۴۵ درصد سریع‌تر از خشک‌کردن در محیط آزاد خشک می‌شود.

- استفاده از صفحه‌های جاذب چوبی و آهنی، گرمای داخل خشک‌کن را بیشتر کرده به‌طوری که اختلاف دمایی هوای خارج شده از خشک‌کن و هوای بیرون در طول روز بیشتر مشهود است (شکل ۵). این اختلاف دما در ساعت‌های ۱۶-۱۲ بیش از ۲۰ درجه سلسیوس است.

- صفحه‌های جاذب چوبی و فلزی، راندمان خشک کردن را نسبت به صفحه‌های جاذب سنگی در حدود ۱۲ درصد افزایش داده و زمان خشک کردن را تا ۱۵ درصد کاهش می‌دهند. به کارگیری این صفحه‌ها در خشک کن آفتابی تابش مستقیم، تأثیر بهتری در فرآیند خشک شدن برگه‌های زردآلو و هلو دارد. بنابراین، در هنگام استفاده از خشک کن‌های آفتابی ترجیحاً از صفحه‌های جاذب چوبی و آهنی استفاده شود.



شکل ۵ - تأثیر صفحه‌های جاذب بر اختلاف دمای هوای خروجی خشک کن آفتابی و محیط