خشک کردن زردآلو در یک خشک‌کن خورشیدی کابینتی (۲۸۴)

مجتبی داداش زاده[۱] ، علی زمردیان[۲]

چکیده

استفاده از انرژی خورشید برای خشک کردن محصولات کشاورزی روشی متداول در جهان می باشد. روشهای سنتی خشک کردن همواره با مشکلات بهداشتی، حمله حشرات و پرندگان، طولانی شدن طول دوره خشک شدن و غیره همراه بوده است؛ لذا جهت رفع این مشکلات در این تحقیق از یک خشک‌کن خورشیدی از نوع فعال کابینتی که قابلیت بکارگیری در حالت های مختلط و غیرمستقیم خشک کردن را دارا می باشد، استفاده گردید. بدین منظور از زردآلو جهت ارزیابی دستگاه استفاده شد و تأثیر دبی هوای خشک کننده و نحوه بکارگیری دستگاه بر روی مدت زمان لازم برای خشک شدن محصول مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی استفاده شد که فاکتور اول سرعت هوای خشک کننده دارای سه سطح ۳/۸ و۶/۳ و ۸/۷ متر بر ثانیه و فاکتور دوم نحوه استفاده از خشک‌کن که در دو سطح مختلط و غیرمستقیم بود. آزمایش ها در ماههای خرداد و تیر سال ۱۳۸۵ در محل دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز صورت گرفت. در طول آزمایش ها متوسط رطوبت اولیه محصول ۲/۲٪ بر پایه خشک, متوسط رطوبت نهایی ۰/۱۷٪ بر پایه خشک و متوسط تابش خورشید ۹۲۰ وات بر متر مربع ثبت گردید. نتایج نشان داد که سرعت هوای خشک کننده و نحوه بکارگیری از دستگاه برای خشک کردن زردآلو اثر معنی‌داری بر روی مدت زمان لازم برای خشک شدن محصول داشتند. همچنین فرایند خشک شدن زردآلو کاملاً در مرحله نزولی بوده و فاقد نرخ ثابت خشک شدن می باشد.

کلید واژه: خشک کن خورشیدی، جمع کننده های خورشیدی، جابجایی اجباری

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز، پست الکترونیک: mojtaba.dadashzadeh@gmail.com
۲- استادیار بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز

مقدمه

خشک کردن یکی از عملیات های مهم پس از برداشت اکثر محصولات کشاورزی جهت حفظ و افزایش عمر ماندگاری آنها می باشد. مشکلات روشهای سنتی خشک کردن و از طرفی گران بوده قیمت سوختهای فسیلی و آلودگی های زیست محیطی ناشی از کاربرد آنها سبب علاقه مندی اکثر کشورها به استفاده از خشک کنهای خورشیدی از دو دهه گذشته شده است[1] .

در سالهای اخیر تلاشهای زیادی جهت ساخت و توسعه انواع مختلف خشک‌کن های خورشیدی برای حفاظت از محصولات کشاورزی و باغبانی صورت گرفته است.

در یک خشک کن خورشیدی فعال تونلی که برای خشک کردن کاکائو و نارگیل طراحی گردید نتایج نشان داد که در مقایسه با خشک کردن در هوای آزاد محصولات سریعتر خشک شده و دارای کیفیت بالاتری بودند[2].

نتایج مدل سازی یک خشک کن خورشیدی جابجایی آزاد برنج جهت مقایسه کاربرد پوشش شیشه ای و پلاستیکی در جمع کننده های خورشیدی نشان داد که کاربرد شیشه عملکرد بهتری دارد[3].

نتایج یک پژوهش که در آن یک دستگاه خشک‌کن خورشیدی در ابعاد بزرگ برای مقایسه خشک کردن به صورت مصنوعی با انرژی خورشیدی و خشک کردن به شیوه سنتی ساخته شد و از یک منبع کمک حرارتی در زمان کاهش شدت تابش خورشید استفاده گردید بدین صورت بیان شد که زمان کمتری برای خشک کردن محصولات به صورت مصنوعی با خشک‌کن خورشیدی نسبت به روش سنتی صرف می‌گردد [4].

بررسی کیفیت میوه ها و سبزیجات خشک شده به دو روش سنتی و خورشیدی نشان داد که کیفیت محصول خشک شده توسط خشک‌کن‌های خورشیدی مختلط و غیرمستقیم بهتر از روش سنتی بوده است[5].

نتایج یک تحقیق که در آن یک خشک‌کن چند منظوره با جابجایی آزاد برای خشک کردن انگور ساخته شد و با خشک کردن به شیوه‌های سنتی مقایسه گردید نشان داد که برای کاهش رطوبت انگور از ۳۴/۹ درصد به ۱۷ درصد برای خشک کردن در سایه پانزده روز و خشک کردن در زیر تابش نور خورشید هفت روز و در خشک‌کن خورشیدی چهار روز لازم است[1] .

بررسی روند خشک شدن گوجه در یک خشک کن خورشیدی غیرمستقیم نسبت به خشک شدن به شیوه سنتی نشان داد که با بکارگیری از خشک کن خورشیدی می توان زمان خشک شدن را از ۴۸ روز به ۱۵ روز کاهش داد[6] .

در تحقیقی که در دانشگاه شیراز بر روی خشک کن موردنظر برای خشک کردن انگور صورت گرفته نتایج نشان داد که با استفاده از این خشک کن می نوان زمان خشک شدن انگور را از ۱۰ -۱۲ روز در روش سنتی به ۴-۵ روز کاهش داد و همچنین به کیفیت بالاتری نسبت به خشک کردن به شیوه سنتی دست یافت [7].

کشور ایران به دلیل واقع شدن درمنطقه نیمه گرمسیری و خشک از تابش نور کافی برخوردار است[8] به همین دلیل استفاده از خشک‌کن های خورشیدی در کشور توصیه می شود.

هدف از این تحقیق بکارگیری انرژی خورشید بعنوان منبع تامین حرارت لازم جهت خشک کردن زردآلو می‌باشد که در آن به بررسی تاثیر سرعت هوای خشک کننده و نحوه بکارگیری دستگاه بر مدت زمان لازم جهت خشک شدن محصول پهن شده به صورت لایه نازک بر روی سینی‌ها در داخل خشک کن می پردازد.

مواد و روشها

خشک‌کن خورشیدی مورد نظر از نوع فعال می باشد که در آن جریان هوای خشک کننده به صورت جابجایی اجباری توسط یک مکنده برقرار می‌گردد. دستگاه در حالت کلی به صورت مختلط ساخته شده است اما می‌توان از آن در حالت غیرمستقیم نیز برای خشک کردن استفاده نمود. این خشک‌کن در بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز طراحی و ساخته شده و در ماههای خرداد و تیر سال ۱۳۸۵ بر روی زردآلو مورد ارزیابی قرار گرفت. قسمتهای اصلی آن شامل جمع کننده های خورشیدی، کانال‌های رابط، محفظه خشک‌کن، سینی‌های حامل محصول, سیستم تامین هوا و تجهیزات اندازه‌گیری دما, شید خورشید و سرعت هوا می‌باشد.

جمع کننده‌های خو شیدی:

در این خشک‌کن ۲ عدد جمع کننده خورشیدی از نوع صفحه‌ای تخت برای گرم کردن هوا وجود دارد که برای جذب حداکثر انرژی خورشید با توجه به عرض جغرافیایی محل آزمایش(۳۰ درجه)، تحت زاویه ۴۵ درجه رو به جنوب قرار داده شده‌اند. جمع کننده‌ها از صفحه جاذب آلومینیومی سیاه رنگ، پوشش شیشه‌ای، قاب چوبی و پوشش پشم شیشه‌ای به عنوان عایق ساخته شده است. . نمای طرحواره ای کلی دستگاه خشک‌کن خورشیدی در شکل(۱) نشان داده شده است.

کانال رابط:

برای انتقال هوای گرم شده در جمع کننده ها به محفظه خشک کننده از یک کانال ذوزنقه‌ای شکل استفاده شد. این کانال از یک طرف به انتهای بالایی جمع کننده متصل می‌گردد و از طرف دیگر به قسمت جلو _ پایین محفظه خشک کننده متصل می‌گردد. برای به حداقل رساندن تلفات حرارتی, سطح کانال به صورت موثر توسط پشم شیشه‌ای پوشانده شده است.

محفظه (بدنه) خشک‌کن:

هوای گرم شده توسط جمع کننده‌های خورشیدی بوسیله مکنده، مکیده شده و به این قسمت هدایت می‌شود. در این قسمت با عبور هوای گرم از میان بستر محصول پهن شده بر روی سینی ها، رطوبت موجود در آنها تبخیر و به خارج هدایت می گردد. قسمت بالای محفظه از شیشه ساخته شده تا از تابش مستقیم نور خورشید در حالت مختلط خشک کردن بهره گرفته شود. در قسمت عقب محفظه دربی جهت دسترسی به داخل آن تعبیه شده است. فاصله قرارگیری سینی‌ها نسبت به هم به منظور سایه اندازی ناچیز سینی بالا بر روی سینی پایینی ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

سینی‌های نگهداری محصول:

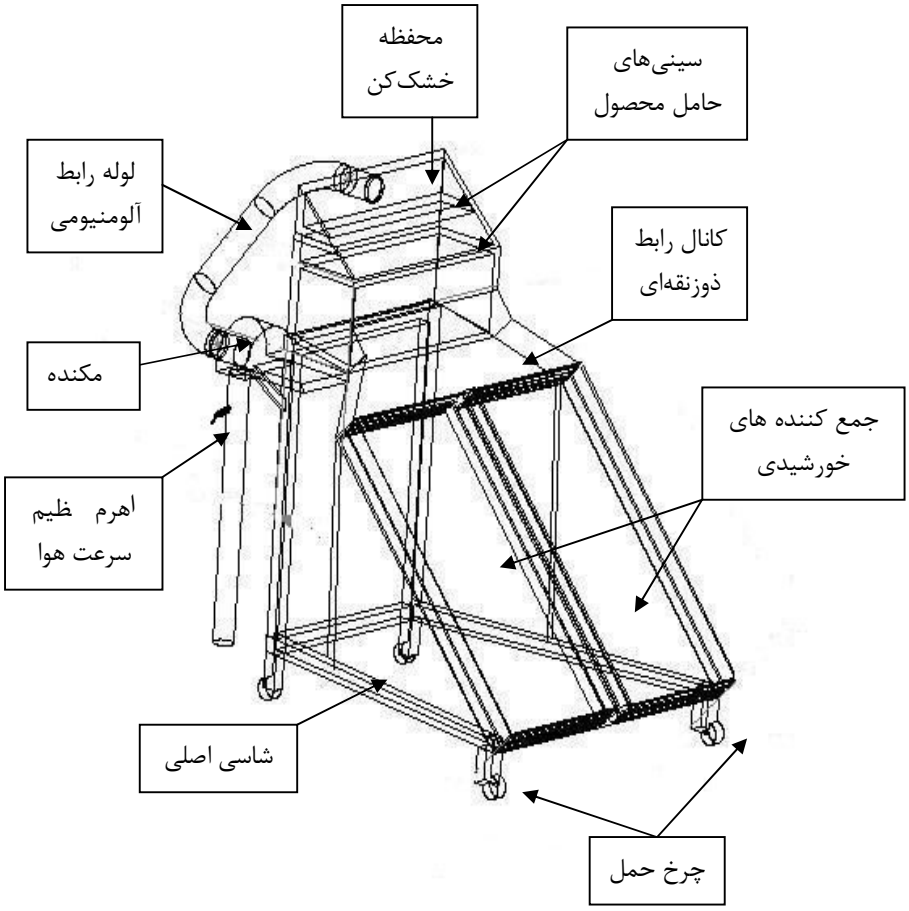
به منظور قرار دادن محصول به صورت لایه نازک در داخل محفظه خشک کننده، با توجه به ظرفیت محفظه خشک کننده و ابعاد آن از دو عدد سینی استفاده شده است. ابعاد سینی بالائی ۳۰*۱۰۰ سانتی‌متر و سینی پایینی۵۰*۱۰۰ سانتی‌متر بوده که جمعا سطحی برابر ۰/۸ مترمربع را برای خشک‌کن تامین می کنند. سینی‌ها از جنس توری پارچه‌ای با قاب چوبی ساخته شده‌اند.

سیستم تامین و انتقال هوا:

با توجه به فعال بودن خشک کن موردنظر از یک مکنده جهت به جریان انداختن هوای خشک کننده استفاده گردید. همچنین از یک خفه کن صفحه‌ای مستدیر برای تغییر سرعت هوای خشک کننده که به وسیله اهرمی از بیرون تنظیم می‌گردید استفاده شد.

آماده‌سازی زردآلو:

قبل از قرار دادن زردآلوها در داخل خشک کن، آنها را نصف کرده و عمل هسته گیری بر روی آنها اعمال می گردد و سپس به مدت ۴ ساعت در اتاق گوگرد قرار داده می شود. این عملیات به کمک بخش صنایع غذایی دانشگاه شیراز صورت گرفته است.



شکل ۱. طرحواره کلی از دستگاه

ابزار و روشهای اندازه گیری:

پارامترهایی که در این آزمایشات اندازه گیری شد عبارتند از:

الف) سرعت هوای خشک کننده ب) رطوبت محصول

برای اندازه‌گیری سرعت هوای خشک کننده از یک بادسنج توربینی با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه استفاده گردید. و جهت تعیین رطوبت زردآلو از یک ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱ گرم و یک دستگاه کوره حرارتی بهره گرفته شد.

روش انجام آزمایش:

برای انجام آزمایشات، دستگاه در محوطه‌ای آفتاب‌گیر قرار داده شد. آزمایشات ساعت ۸ صبح شروع و ساعت ۴ بعدازظهر خاتمه می‌یافت. برای رسیدن به اهداف طرح از آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک کاملا تصادفی با سه تکرار استفاده شد. در این آزمایش از دو فاکتور مختلف استفاده شده است که فاکتور اول، سرعت هوای خشک کننده در سه سطح ۳/۸ و ۶/۳ و ۸/۷ متر بر ثانیه, فاکتور دوم نحوه استفاده از خشک‌کن که در دو سطح مختلط و غیرمستقیم می‌باشد. همانطوری که بیان شد خشک‌کن تحت آزمایش، یک خشک‌کن خورشیدی مختلط می‌باشد برای بهره‌گیری از آن در حالت غیرمستقیم، با یک پارچه کلفت پوشش شیشه‌ای محفظه خشک کننده کاملا پوشانده می‌شود به طوری که از نفوذ نور خورشید به محفظه خشک کننده جلوگیری گردد.

نتایج و بحث:

پس از جمع آوری داده‌های مربوط به رطوبت محصول ورودی و نهایی و سرعت هوا، محاسبات و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای EXCEL و MSTATC و SAS انجام و نمودارهای مربوطه رسم گردید.

فاکتور F سرعت هوای خشک کننده: f_1 = ۳/۸، f_2 = ۶/۳، f_3 =۸/۷ متر بر ثانیه

فاکتور T نحوه خشک کردن: t_1 : مختلط، t_2 : غیرمستقیم.

با توجه به جدول (۱) فاکتور F و T و اثر برهمکنش آنها با احتمال ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشد. برای بررسی بیشتر این تاثیرات از آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح(۵٪) استفاده گردید.

جدول (۱) تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل سرعت هوای ورودی و روش خشک کردن بر زمان خشک شدن محصول

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (ss)	میانگین مجموع مربعات (ms)	FS
فاکتور F	۲	۳۰۷/۱۱	۱۵۳/۵۵	۱۳۲/۸۸ **
فاکتورT	۱	۸۸/۸۸	۸۸/۸۸	۷۶/۹۲ **
برهمکنشFT	۲	۴۰/۴۴	۲۰/۲۲	۱۷/۵ **
خطای آزمایش	۱۰	۱۱/۵۵	۱/۱۵	
مجموع	۱۷	۵۵۶/۴۴		

(**) نمایانگر معنی‌دار بودن آزمون F در سطح۹۹٪ می‌باشد.

با توجه به جدول (۲) سطوح مختلف سرعت هوای خشک کننده اثر معنی‌داری بر میانگین مدت زمان خشک شدن داشته است و با افزایش سرعت هوای خشک کننده مدت زمان لازم برای خشک کردن افزایش می‌یابد. علت این امر را می‌توان کاهش دمای هوای خشک کننده, متناسب با افزایش سرعت هوای خارج شده از جمع کننده ها دانست همین مسئله به نوبه خود باعث کاهش ضریب انتشار رطوبت در دانه‌های زردآلوهای در حال خشک شدن می‌گردد. همچنین سطوح مختلف نحوه خشک کردن نیز اثر معنی‌داری بر مدت زمان خشک شدن محصول داشته است. در خشک کردن به صورت مختلط مدت زمان کمتری برای خشک شدن محصول صرف می‌گردد که علت آن بهره‌گیری از تابش مستقیم انرژی خورشیدی علاوه بر حرارت غیرمستقیم خورشید است که توسط جمع کننده ها ایجاد می گردد.

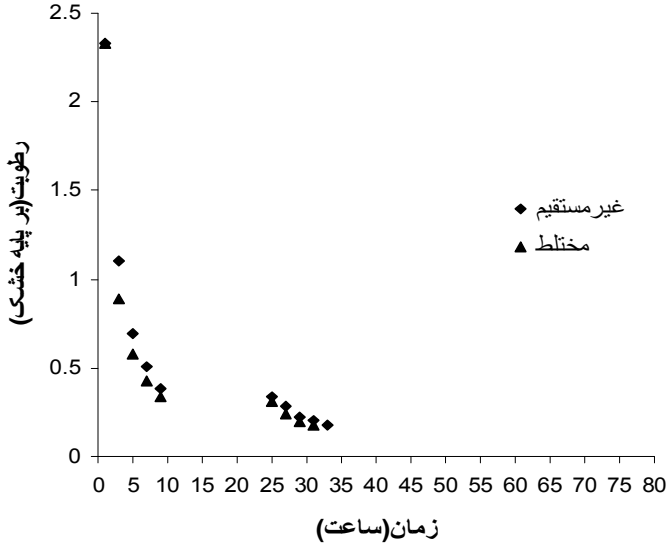
بررسی اثر سطوح مختلف برهم‌کنش این دو فاکتور نشان داد که در مورد تیمارهای t1 f2 ، t2 f1 و t2 f2 ، t1 f3 اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است ولی در سایر تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده گردید. این نتیجه را می توان بدین صورت بیان کرد که اثر کاهش دمای هوای خشک کننده ناشی از افزایش سرعت هوا با بهره گیری از تابش مستقیم نور خورشید بر محصول در خشک کردن به شیوه مختلط و اثر عدم وجود تابش مستقیم نور خورشید در خشک کردن به شیوه غیرمستقیم با افزایش دمای ناشی از سرعت پایین خشک کردن جبران گشته است بدین جهت اثرات مشابهی مشاهده گردید.

جدول (۲) بررسی اثر برهمکنش سرعت هوا و نحوه خشک کردن بر زمان خشک شدن (دانکن در سطح۵٪)

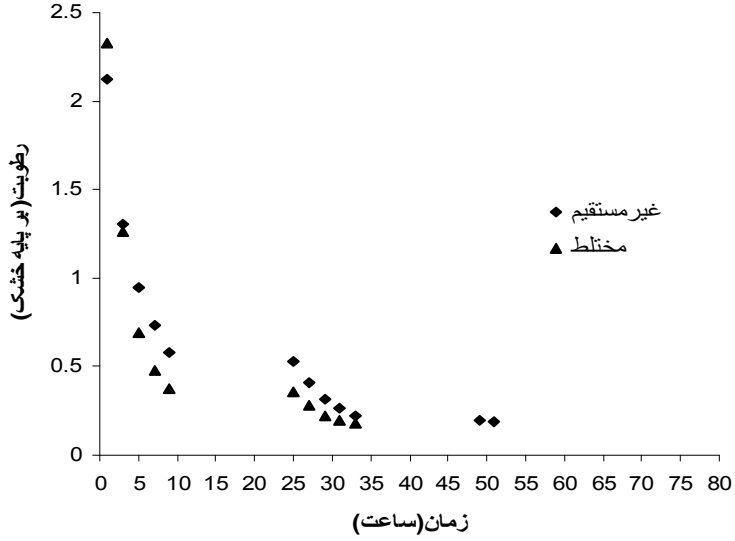
دبی هوا / نحوه خشک کردن	f1	f2	f3	میانگین
t1	۱۷ d	۲۰/۳۳ c	۲۳/۶۷ b	۲۰/۳۳ A
t2	۱۹ c	۲۳ b	۳۲/۳۳ a	۲۴/۷۸ B
میانگین	۱۸ C	۲۱/۶۷ B	۲۸ A	

میانگین هایی با حروف مشابه بزرگ در ستون، از نظر آماری با احتمال ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.
میانگین هایی با حروف مشابه بزرگ در ردیف،ازنظر آماری با احتمال ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.
میانگین هایی با حروف مشابه کوچک، از نظر آماری با احتمال ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

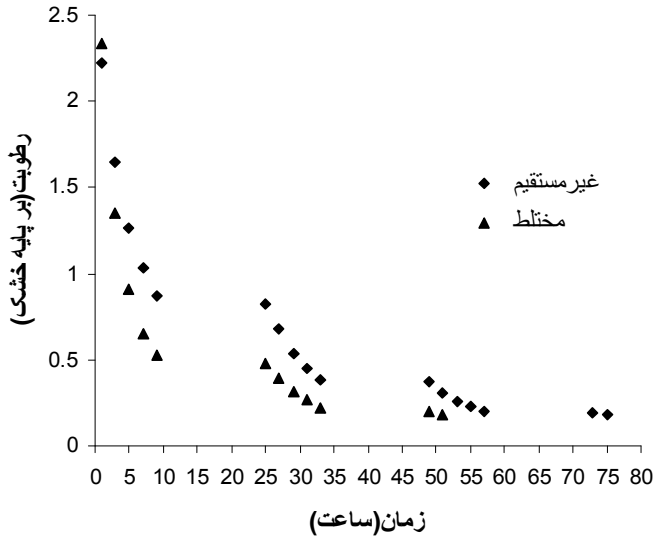
شکل‌های (۲،۳و۴) تغییرات رطوبت محصول بر پایه خشک نسبت به مدت زمان لازم برای خشک شدن را نشان می دهد. مشاهده می شود که خشک شدن زردآلو در مرحله نزولی بوده و فاقد مرحله ثابت خشک شدن می باشد که این نتیجه با نتایج بدست آمده از تحقیقات پیشین نیز مطابقت دارد[9]. فواصل ایجاد شده بر روی منحنی ها ناشی از خاموش بودن دستگاه در طول شب می باشد. در این مدت سعی گردید تا تغییرات درجه حرارت شب بر روی محصول کمترین اثر را داشته باشد. لذا خفه کن را بسته و دستگاه با نایلون کاملا پوشانده می شد. البته در اثر وجود گرمای ناشی از فرایند خشک شدن در طول روز در داخل محصول، انتقال رطوبت به سطح محصول در طول شب ادامه دارد که این سبب می شد در ساعات آغازین هر روز جذب رطوبت مقداری سریعتر صورت گیرد.



شکل(۲) تغییرات رطوبت محصول در سرعت هوای ۳/۸ متر بر ثانیه برای دو حالت خشک ردن در مقابل مدت زمان لازم برای خشک شدن



شکل (۳) تغییرات رطوبت محصول درسرعت هوای ۶/۳ متر بر ثانیه برای دو حالت خشک کردن در مقابل مدت زمان لازم برای خشک شدن محصول



شکل (۴) تغییرات رطوبت محصول درسرعت هوای ۸/۷ متر بر ثانیه برای دو حالت خشک ردن در مقابل مدت زمان لازم برای خشک شدن محصول

نتیجه گیری:

سطوح مختلف سرعت هوای خشک کننده و سطوح مختلف بکارگیری از خشک کن اثر معنی داری بر کاهش زمان خشک شدن محصول نهایی داشت. در مورد تیمارهای t_1f_3 ، t_2f_2 و دو تیمارt_1f_2، t_2f_1 اثر تغییرسرعت هوای خشک کننده با تغییر نحوه به کارگیری از دستگاه جبران گشته به طوری که محصول در زمانهای مشابهی به رطوبت یکسان رسید. با توجه به شکلها مشخص است که خشک شدن زردآلو در مرحله نزولی می باشد و فاقد مرحله ثابت خشک کردن می باشد.

منابع:

[8]. آزاد، ح.، ج. قائم مقامی، ح. پناهنده و ف. گئولا. ۱۳۶۸. انرژی خورشیدی (جلد دوم- طراحی) مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۴۲۷ صفحه.

[7]. داداش زاده, م. ۱۳۸۴. طراحی، ساخت و ارزیابی یک خشک کن فعال خورشیدی برای انگور . پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی. دانشگاه شیراز.

[3]. Bala, B.K. and J.L. Woods , 1994. Simulation of the indirect natural convection solar drying of rough rice. Solar Energy, 53: 259-266.

[2]. Eddy, J. K. Grandegger., A. Esper., M. Sumarsono and C. Djaya. 1991. Development of a multi-purpose solar tunnel dryer for use in humid tropics. Renewable Energy, vol. 1, no. 2, pp. 167-176.

[5]. Gallali, Y. M., Abujnah, Y. S and Bannani, F. K. 2000. Preservation of fruits and vegetable using solar drier: a comparative stady of natural and solar drying, III. Chemical analysis and sensory evaluation data of the dried samples (grapes, figs, tomatoes and onions). Renewable Energy. 19, 203-212.

[4]. Karathanos, V. T and Belessitotis, V. G. 1997. Sun and artificial air drying kinetics of some agriculture products. Journal of Food Engineering. 31, 35- 46.

[1]. Pangavhane, D. R., Sawhney, R. L and Sarsavadia, P. N. 2002. Design, development and performance testing of a new natural convection solar dryer. Energy. 27, 579-590.

[9]. Togrul, I . T and Pehlivan, D. 2002. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. Journal of Food Engineering. 55, 209-216.

[6]. Zhimin, L., Zhong, H., Tang, R., Liu, T., Gao, W and Zhang, Y. 2006. Experimental investigation on solar drying of salted greengages. Renewable Energy. 31, 837-847.