

بررسی روند خشک شدن زردآلو در یک خشک کن فعال خورشیدی کابینتی

مجتبی. داداش زاده^{1*}، علی زمردیان²

1 - کارشناس ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی از دانشگاه شیراز و دبیر آموزش و پرورش شهرستان

آمل

2 - عضو هیات علمی گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز

* m.dadashzad@gmail.com

چکیده

پژوهش حاضر یک ایده نسبتاً جدید در بهره گیری از انرژی خورشید به عنوان منبع اصلی تامین انرژی یک خشک کن کابینتی بوده که می توان از آن به دو صورت مختلط و غیرمستقیم برای خشک کردن سبزیجات و میوه جات استفاده کرد. در این پژوهش تاثیر سرعت هوای خشک کننده و نحوه بکارگیری خشک کن بر روند کاهش رطوبت زردآلوهای پهن شده بر روی سینی ها به صورت لایه نازک و نیز یکنواختی پروسه خشک شدن روی سینی ها و همچنین بین سینی ها مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایشها در ماههای خرداد و تیر سال 1385 در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز صورت گرفته است. نتایج آماری نشان داد که سرعت هوای خشک کننده و نحوه بکارگیری دستگاه برای خشک کردن زردآلو اثر معنی داری بر کاهش رطوبت محصول پهن شده بر روی سینی ها دارد. اما اثر مکان نمونه برداری فقط در بین سینی ها اختلاف معنی داری را نشان داده است و در داخل هر یک از سینی ها اختلاف معنی داری وجود ندارد.

واژه های کلیدی: جمع کننده های خورشیدی، خشک کن خورشیدی، لایه های نازک

مقدمه

بیش از 80٪ محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه توسط کشاورزان خرده پا تولید می شود که با قرار دادن محصولات در معرض انرژی تابش خورشید بمنظور خشک کردن و افزایش عمر ماندگاری بهره می گیرند. اگرچه انرژی خورشید یک منبع رایگان و فراوان می باشد ولی خشک کردن به صورت طبیعی دارای مشکلاتی می باشد [Ramana, 2008]. طولانی شدن زمان خشک کردن، کاهش کیفیت محصول و عدم کنترل مناسب بر روند خشک شدن و حمله حشرات و ... در خشک کردن سنتی و از طرفی کاهش زمان خشک کردن و حفظ کیفیت محصول نهایی در خشک کنهای خورشیدی سبب استقبال کشاورزان در اکثر کشورها گردیده است [Mahapatra&Imre, 1990]. امروزه تحقیقات زیادی در زمینه طراحی، توسعه و ارزیابی انواع مختلف خشک کنهای خورشیدی در حال انجام است [Bennamoun&Belhumri.2002, EL-Sebaai et al. 2002, Yaldiz et al. 2001].

[Glalli et al., 2000] به بررسی کیفیت میوه ها و سبزیجات خشک شده به دو روش سنتی و خورشیدی پرداختند و به این نتیجه رسیدند کیفیت محصول خشک شده توسط خشک کن های خورشیدی مختلط و غیرمستقیم بهتر از روش سنتی بوده است همچنین اختلاف معنی داری برای درصد اسید و قند بین انگورهای خشک شده با خشک کن خورشیدی و روش سنتی مشاهده گردید. [Dissa et al., 2009] با استفاده از یک خشک کن خورشیدی در ابع اد آزمایشگاهی به بررسی روند خشک شدن انبه و شبیه سازی روند خشک شدن آن پرداختند. در این تحقیق 3 روز برای خشک شدن مورد نیاز بود.

(مصباحی و همکاران، 1385) به بررسی مقایسه ای تولید کشمش به وسیله خشک کن خورشیدی و سایر روشهای خشک کردن پرداختند. نتایج نشان داد که خشک کنهای خورشیدی نه تنها می توانند کشمش هایی

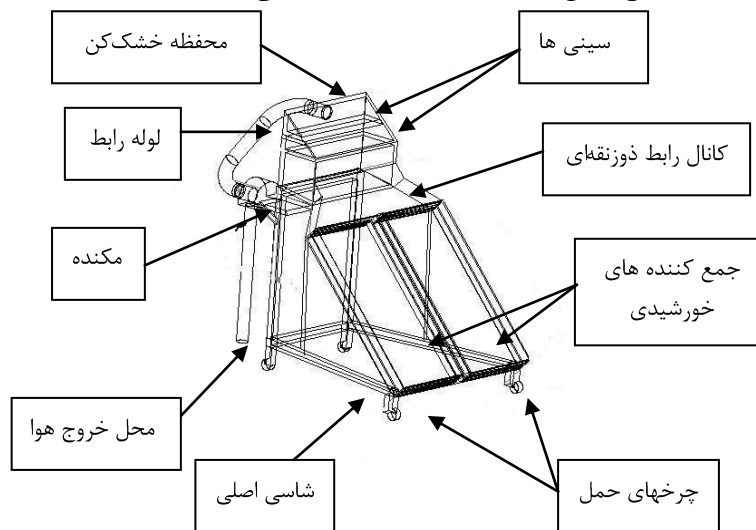
مشابه کشمشهای تولید شده در سایر روشهای خشک کردن تولید کنند بلکه در برخی از فاکتورهای کیفی، کشمشای تولیدی توسط این خشک کنها نسبت به سایر روشهای خشک کردن برتری دارند . (داداش زاده و همکاران، 1387) به بررسی تاثیر هوای خشک کننده و نحوه خشک کردن بر روند کاهش رطوبت انگور در یک خشک کن خورشیدی کابینتی پرداختند . نتایج نشان داد که با استفاده از خشک کن خورشیدی می توان کاهش مدت زمان لازم برای خشک کردن انگور را به 4 روز کاهش داد . کشور ایران به دلیل واقع شدن در منطقه نیمه گرمسیری و خشک از تابش نور کافی برخوردار است (بی نام، 1372). به همین دلیل استفاده از خشک کن های خورشیدی در کشور توصیه می شود. این خشک کنها کم هزینه بوده و نیاز چندانی به تعمیر و نگهداری ندارند لذا می توان آنها را به راحتی در اندازه های مختلف بسته به نیاز کشاورز آن ساخت و بکار گرفت . این تحقیق به بررسی اثر بکارگیری مستقیم و ترکیبی انرژی خورشید در خشک کن مورد نظر بعنوان منبع تامین حرارت لازم جهت خشک کردن زردآلو و تاثیر سرعت هوای خشک کننده بر روند کاهش رطوبت زردآلوهای پهن شده به صورت لایه نازک بر روی سینی های حامل محصول در داخل خشک کن پرداخته و همچنین یکنواختی خشک شدن روی هر یک از سینی ها نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

شکل 1 طرحواره ای از دستگاه خشک کن خورشیدی استفاده شده در این تحقیق را نشان می دهد . قسمتهای اصلی آن شامل 2 عدد جمع کننده های خورشیدی تخت به ابعاد موثر 100*200 سانتی متری، کانال های رابط، محفظه خشک کن، دو عدد سینی های حامل محصول با سطحی موثری جمعا برابر 0/691 متر مربع، سیستم تامین هوا و تجهیزات اندازه گیری دما، شید خورشید¹ و دبی هوا می باشد. با توجه به عرض جغرافیایی محل آزمایش (30 درجه)، جمع کننده ها روی یک شاسی فلزی قابل حمل تحت زاویه 45 درجه رو به جنوب قرار داده شدند [Daffi&Beckman, 1991]. هوای گرم شده توسط جمع کننده های خورشیدی بوسیله مکنده دارای موتور تک فاز با توان 0/75 اسب بخار و سرعت دورانی 1400 دور بر دقیقه، مکیده شده و از طریق کانال رابط به محفظه خشک کننده هدایت می گردد. در این قسمت با عبور هوای گرم از بستر محصول، رطوبت موجود در آنها تبخیر و به خارج هدایت خواهد شد. جهت قرار دادن سینی های حامل محصول در داخل محفظه دربی در قسمت عقب آن تعبیه شده است. با توجه به اینکه در حالت مختلط بکارگیری خشک کن از تابش مستقیم انرژی خورشید بر روی محصول پهن شده بر روی سینی ها بهره گرفته می شود، قسمت جلو و بالای محفظه از شیشه استفاده شده که با شیبی تحت زاویه 45 درجه قرار گرفته است که در حالت بکارگیری غیرمستقیم با پارچه ضخیم پوشانده می شود. برای اندازه گیری سرعت هوای خشک کننده از یک بادسنج توربینی با دقت 0/1 متر بر ثانیه استفاده شده است که سرعت هوای خروجی از لوله انتهای مکنده را اندازه گیری می کند. جهت تعیین رطوبت زردآلوی نمونه برداری شده از سینی های حامل محصول از یک ترازوی دقیق با دقت 0/01 گرم و یک دستگاه کوره حرارتی با دمای 70 درجه سانتی گراد به مدت 24 ساعت استفاده گردید [AOAC.2002]. همچنین از شیدسنج خورشید از نوع Cassella با دامنه کاری 0-2000 وات بر مترمربع جهت اندازه گیری شدت تابش انرژی خورشید و از حسگر حرارتی هوشمند از نوع SMT-160 با دقت $\pm 0/5$ درجه سانتیگراد جهت اندازه گیری درجه حرارتها

استفاده گردید. جهت اندازه گیری رطوبت محصول پهن شده بر روی سینی ها از لحظه شروع آزمایش در فاصله زمانی های 1 ساعت نمونه هایی از نقاط مختلف بر روی سینی ها گرفته می شد. برای انجام آزمایشها، زردآلوها از باغات مورد نظر در استان فارس تهیه می شد و به کمک بخش صنایع غذایی دانشگاه شیراز، پس از جداسازی هسته ها، بر روی سینی ها پهن و برای 4 ساعت در اتاق دود گوگرد قرار می گرفت. آزمایشها در ماههای خرداد و تیر سال 1385 در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز صورت گرفته است. متوسط رطوبت اولیه 2.2٪، متوسط رطوبت نهایی 0.17٪، متوسط درجه حرارت محیط 29 درجه همچنین میانگین شدت تابش انرژی خورشید 920 وات بر متر مربع ثبت گردید.

با توجه به اهداف تحقیق از سه آزمایش فاکتوریل به صورت مجزا در قالب بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار استفاده گردید. فاکتورهای مورد آزمایش؛ سرعت هوای خشک کننده در سه سطح 8/7 و 6/3 و 3/8 متر بر ثانیه که با توجه به شرایط جوی و میزان تابش خورشیدی منطقه و بر اساس تحقیقات صورت گرفته که قبلاً بیان گردید، انتخاب شدند، نحوه استفاده از خشک کن که در دو سطح مختلط و غیرمستقیم و مکان های نمونه برداری که در پنج سطح بر روی سینی پایینی، سه سطح بر روی سینی بالایی و در دو سطح، سینی بالا و سینی پایینی می باشد. آزمایشات ساعت 8 صبح شروع و ساعت 4 بعدازظهر خاتمه می یافت.



شکل 1. طرحواره کلی از دستگاه خشک کن

نتایج و بحث

پس از جمع آوری داده های مربوط به رطوبت محصول بر روی سینی ها، رطوبت محصول ورودی و نهایی، درجه حرارت در نقاط مختلف، شید خورشید و سرعت هوا، محاسبات و تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و SPSS انجام و نمودارهای مربوطه رسم گردید.

فاکتور F سرعت هوای خشک کننده $f_1 = 8/7$ ، $f_2 = 6/3$ ، $f_3 = 3/8$ متر بر ثانیه

فاکتور T نحوه خشک کردن t_1 : مختلط، t_2 : غیر مستقیم

فاکتور P مکانهای نمونه برداری در پنج سطح بر روی سینی پایینی

با ملاحظه جدول (1) مشاهده می شود که اثر فاکتورهای مختلف با احتمال 99٪ معنی دار می باشند ولی اثرات برهم کنش آنها به غیر از برهم کنش FT معنی دار نبوده است. برای بررسی بیشتر از آزمون دانکن در سطح (0.1) برای مقایسه میانگین ها استفاده شد. همانطوری که در جدول (2) دیده می شود میانگین رطوبت محصول پهن شده بر روی سینی بزرگ در شیوه های مختلف خشک کردن متفاوت می باشد به طوری که در خشک کردن به روش

مختلط کاهش رطوبت بیشتری مشاهده می شود که دلیل استفاده از تابش مستقیم انرژی خورشید بر روی محصول علاوه بر اثر هوای گرم شده توسط جمع کننده ها می باشد . همچنین میانگین رطوبت محصول در سینی برای دبی های مختلف معنی دار بوده و کاهش دبی هوا موجب افزایش میانگین کاهش رطوبت محصول بر روی سینی شده است چرا که کاهش دبی هوای خشک کننده با افزایش درجه حرارت هوای خشک کننده همراه بوده است . اثر متقابل این دو عامل در اکثر موارد معنی دار بوده به غیر از $f2t2 - f1t1$ و $f2t2 - f2t1$ که اثر افزایش دبی هوا و استفاده از خشک کردن به صورت مختلط با اثر کاهش دبی هوا و استفاده از خشک کردن به صورت غیر مستقیم یکسان است. زیرا کاهش دمای ناشی از افزایش دبی با تغییر نحوه خشک کردن جبران گشته است . سطوح مختلف فاکتور P بر میانگین کاهش رطوبت محصول پهن شده بر روی سینی بزرگ اختلاف معنی داری نشان نداده است . همچنین برهم کنش سطوح مختلف فاکتورهای F و P بر روی میانگین کاهش رطوبت در سینی بزرگ اختلاف معنی داری را نشان داده است . اثرات برهم کنش سطوح مختلف فاکتورهای P و T نیز بر روی میانگین کاهش رطوبت داخل سینی بزرگ اختلاف معنی داری را نشان داده است . نتایج مشابهی نیز برای محصول پهن شده بر روی سینی کوچک با سه مکان نمونه گیری بدست آمد.

برای بررسی یکنواختی رطوبت محصول پهن شده بر روی هر یک از سینی ها علاوه بر فاکتور دبی هوا و نحوه خشک کردن از فاکتور مکان در دو سطح سینی بالا و سینی پایین استفاده شد . جدول (۳) نشان می دهد که اثر فاکتور مکان نمونه برداری بر میانگین کاهش رطوبت محصول پهن شده بر روی سینی ها اختلاف معنی داری نشان داده است. به طوری که کاهش رطوبت بیشتری در سینی پایینی (بزرگ) مشاهده شد. این نتیجه نیز منطقی به نظر می رسد زیرا سینی بالائی (کوچک) در فاصله ای، نسبت به سینی پایینی قرار گرفته است . هوای گرم ابتدا به سینی پایینی برخورد کرده و با عبور از بین محصول پهن شده بر روی آن مقداری از پتانسیل برداشت رطوبت آن کاهش می یابد. لذا رطوبت کمتری از محصول پهن شده بر روی سینی بالایی برداشت می شود.

جدول 1. تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل دبی هوای ورودی و روش خشک کردن بر کاهش رطوبت محصول بر روی سینی بزرگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مجموع مربعات (ms)	FS
تیمار	2	500/737	250/369	125/128 **
فاکتور P	4	2/348	0/587	0/2934 <i>ns</i>
فاکتور F	2	1765/281	882/64	441/123 **
برهمکنش FP	8	1/31	0/164	0/0818 <i>ns</i>
فاکتور T	1	688/236	688/236	343/964 **
برهمکنش PT	4	1/387	0/327	0/1633 <i>ns</i>
برهمکنش FT	2	104/597	52/299	26/137 **
برهمکنش FTP	8	0/756	0/095	0/0472 <i>ns</i>
خطای آزمایش	58	116/052	2/001	
مجموع	8۹	318/621		

علامت ** نمایانگر معنی دار بودن آزمون F در سطح 0/99 می باشد.

علامت *ns* نمایانگر معنی دار نبودن می باشد.

جدول 2. بررسی اثر برهم کنش دبی هوا و نحوه خشک کردن بر کاهش رطوبت محصول پهن شده بر روی سینی بزرگ (دانکن در سطح 1٪)

میانگین	f3	f2	f1	دبی هوا نحوه خشک کردن
39/24B	38/97 d	36/95 c	41/80 b	t1
42/99 A	36/86 c	41/90 b	50/21 a	t2
	37/91 C	39/42 B	46 A	میانگین

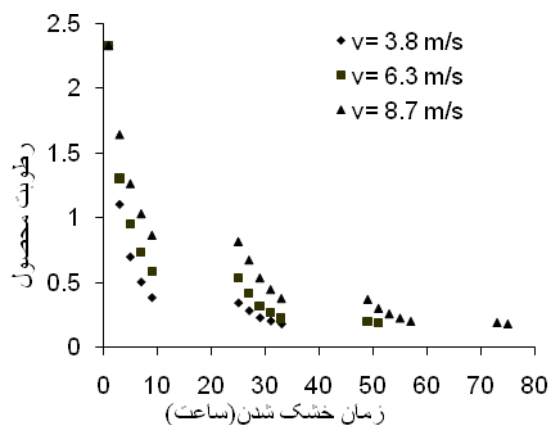
(*میانگین‌هایی با حروف مشابه بزرگ در ستون، از نظر آماری با احتمال 99٪ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند. میانگین‌هایی با حروف مشابه بزرگ در ردیف، از نظر آماری با احتمال 99٪ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند. میانگین‌هایی با حروف مشابه کوچک، از نظر آماری با احتمال 99٪ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

جدول 3. تجزیه واریانس اثرهای اصلی و متقابل دبی هوای ورودی و روش خشک کردن بر کاهش رطوبت محصول بر روی سینی‌ها

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مجموع مربعات (ms)	F _S	میانگین مجموع مربعات (ms)
فاکتور مکان نمونه برداری P	1	23/23	23/23	**	12/59
فاکتور دبی هوا F	2	633/33	316/68	**	171/67
برهمکنش FP	2	2/10	1/05	ns	0/58
فاکتور نحوه خشک کردن T	1	259/21	259/21	**	140/51
برهمکنش PT	2	0/032	0/032	ns	0/017
برهمکنش FT	2	39/28	19/64	**	10/64
برهمکنش FTP	2	0/06	0/03	ns	0/016
خطای آزمایش	22	4/58	1/84		
مجموع	35	1189/22			

علامت ** نمایانگر معنی‌دار بودن آزمون F در سطح 0/99 می‌باشد.
علامت ns نمایانگر معنی دار نبودن می‌باشد

آزمایشهای انجام شده در سه دبی هوای خشک کننده در هر دو روش خشک کردن نشان داد که خشک شدن زرد آلو کاملاً در مرحله نزولی بوده است که این با تحقیقات صورت گرفته در این زمینه نیز مطابقت دارد [Togrul&pehlivan, 2002]. شکل (2) رطوبت محصول بر پایه خشک را در مقابل مدت زمان خشک شدن محصول بر حسب ساعت در داخل خشک کن نشان می‌دهد.



شکل 2. تغییرات رطوبت محصول در دبی های مختلف در مقابل مدت زمان خشک شدن محصول
نتایج نشان داد: سطوح مختلف دبی هوای خشک کن اثر معنی داری بر میانگین کاهش رطوبت محصول داشته است.
همچنین سطوح مختلف بکارگیری دستگاه برای خشک کردن اثر معنی داری بر روی میانگین کاهش رطوبت
محصول داشته است. در مورد تیمارهای t_{1f2} ، t_{2f3} ، t_{1f2} و دو تیمار t_{1f1} ، t_{2f2} اثر تغییر دبی هوا با تغییر نحوه به
کارگیری از دستگاه جبران گشته لذا کاهش رطوبت محصول نتایج مشابهی را نشان داده اند. تحت سطوح مخ تلف
دبی هوا و نحوه بکارگیری از دستگاه برای خشک کردن، کاهش رطوبت محصول پهن شده بر روی هر یک از
سینی ها نسبت به هم معنی دار بود اما بر روی هر یک از آنها معنی دار نبود. همچنین خشک شدن زردآلو فاقد
مرحله ثابت خشک شدن می باشد.

مرجع:

بی نام، 1372. خشک کردن محصولات کشاورزی راهی به سوی استقلال اقتصادی . واحد تحقیقات و طراحی
مهندسی شرکت تولیدی و صنعتی کارینو، 132 صفحه.
داداش زاده. م، ع. زمردکن، غ. ر. مصباحی. 1387، تاثیر دبی هوای خشک کننده و نحوه خشک کردن بر روند
کاهش رطوبت انگور در یک خشک کن خورشیدی کاهنتی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد
بصت و دوم، شماره اول، 23-35.
مصباحی، غ. ر. ع. زمردیان، م. داداش زاده و ع. فرحناکی. 1385. بررسی مقایسه ای تولید کشمش به وسیله
خشک کن خورشیدی و سایر روشهای خشک کردن، مجله علمی پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد دوم ،
شماره دوم، 61-73.

A.A. El-Sebaili, S. Aboul-Enein, M.R.I. Ramadan, H.G. El-Gohary, Experimental investigation of an indirect type natural convection solar dryer, Energy Conversion and Management 43 (16) (2002) 2251–2266.
A.K.Mahapatra, L. Imre, Role of solar agriculture drying in developing countries, International Journal of Ambient Energy 11 (4) (1990) 205–210.
AOAC Official Methods of Analysis, 17th ed., 2002, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA
Bennamoun, L and A. Belhamri. 2002. Design and simulation of a solar dryer for agriculture products. Journal of Food Engineering 59: 259-266.
Chemical analysis and sensory evaluation data of the dried samples (grapes, figs, tomatoes and onions). Renewable Energy, 19: 203-212.
Dissa, a.o , J. Bathiebo, S. Kam, P.W. Savadogo, H. Desmorieux, J. Koulidiati, 2009, Modelling and experimental validation of thin layer indirect solar drying of mango slices, Renewable Energy, 34 (2009) 1000–1008
Duffie, J. A and W. A. Beckman. 1991. Solar Engineering of Thermal Processes. 2nd ed. John wiley & sons, Inc., New York. USA. 919p.
Gallali, Y.M., Y. S. Abujnah and F. K. Bannani. 2000. Preservation of fruits and vegetable using solar drier: a comparative study of natural and solar drying, III.
Ramana Murthy, m.v, 2008, A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers, Renewable and Sustainable Energy Reviews
Togrul, I. T and D. Pehlivan, 2002, Mathematical modeling of apricots in thin layer, Journal of Food Engineering, 55: 209-216.
Yaldiz Osman., Ertekin Can and H. Ibrahim Uzun. 2001. Mathematical modeling of thin layer solar drying of Sultana grapes. Energy, 26 : 457-465.

