

## خشک کردن لیمو با خشک کن خورشیدی غیرفعال

امین لطفعلیان دهکردی<sup>۱\*</sup>، محمدعلی قضاوی<sup>۲</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شهرکرد

۲- استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شهرکرد

### چکیده

خشک کردن از جمله فرایندهایی به شمار می رود که انرژی زیادی مصرف می کند. بشر در دوران زندگی خویش همواره از انرژی خورشید بهره برده است. به طور کلی مزایای استفاده از انرژی خورشید را می توان قابلیت تجدیدپذیری، تمیزی و رایگان بودن آن نام برد. خشک کردن محصولات کشاورزی یکی از مهمترین فعالیت ها جهت نگهداری مواد غذایی می باشد. اهمیت این موضوع از یک سو و اهمیت صرفه جویی در مصرف سوخت از سوی دیگر طراحی سیستمی جهت خشک کردن مواد غذایی با انرژی خورشیدی را اقتصادی و مهم جلوه میدهد. در این مقاله روند خشک شدن لیمو در یک خشک کن خورشیدی غیرفعال و غیرمستقیم که در دانشگاه شهرکرد طراحی و ساخته شده است مورد بررسی قرار می گیرد.

**کلمات کلیدی:** انرژی خورشیدی، انرژی نو و تجدید پذیر، خشک کن خورشیدی و لیمو

### 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 در سالهای اخیر تلاشهای زیادی جهت ساخت و توسعه انواع مختلف خشک کن های خورشیدی برای حفاظت از محصولات کشاورزی و باغبانی صورت گرفته است. کشورمان ایران به دلیل واقع شدن در منطقه نیمه گرمسیری و خشک از تابش نور کافی برخوردار است به همین دلیل استفاده از خشک کن های خورشیدی در کشور توصیه می شود. هدف از این تحقیق بکارگیری انرژی خورشید بعنوان منبع تامین حرارت لازم جهت خشک کردن لیمو می باشد، در این پژوهش روند تبخیر رطوبت در خشک کن خورشیدی غیرفعال و غیر مستقیم مورد مطالعه قرار گرفته است.

\* Email: Amin\_lotfalian@yahoo.com

## مواد و روش ها

خشک کن خورشیدی مورد نظر از نوع غیر فعال می باشد که در آن جریان هوای خشک کننده به صورت جابجایی همرفتی برقرار می گردد. دستگاه در حالت کلی به صورت غیرمستقیم ساخته شده است اما میتوان با اندکی تغییر از آن در حالت مستقیم نیز برای خشک کردن استفاده نمود. این خشک کن در بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شهرکرد طراحی و ساخته شده و در فروردین ماه سال ۱۳۸۸ بر روی لیمو مورد ارزیابی قرار گرفت. قسمتهای اصلی آن شامل جمع کننده خورشیدی، محفظه خشک کن، سینی های حامل محصول، شاسی و دودکش محفظه میباشد که در ادامه به شرح عملکرد هر یک از این اجزا می پردازیم:

### - جمع کننده های خورشیدی:

در این خشک کن جمع کننده خورشیدی از نوع صفحه ای تخت برای گرم کردن هوا وجود دارد که برای جذب حداکثر انرژی خورشید با توجه به عرض جغرافیایی محل آزمایش (۳۲ درجه) تحت زاویه ۴۵ درجه رو به جنوب قرار داده شده اند. جمع کننده از صفحه جذب آهنی سیاه رنگ، پوشش شیشه ای و قاب چوبی ساخته شده است. نمای کلی دستگاه خشک کن خورشیدی در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- نمای کلی دستگاه خشک کن خورشیدی

### - محفظه (بدنه) خشک کن:

هوای گرم شده توسط جمع کننده به این قسمت هدایت می شود. 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. در قسمت عقب محفظه دری جهت دسترسی به داخل آن تعبیه شده است. فاصله قرارگیری سینی ها نسبت به هم به منظور جریان یافتن ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد.

### - سینی های نگهداری محصول:

به منظور قرار دادن محصول به صورت لایه نازک در داخل محفظه خشک کننده، با توجه به ظرفیت محفظه خشک کننده از سه سینی از جنس لثرون استفاده شد. که شیارهای سینی بالایی و پایینی به منظور بهینه سازی جریان هوا بصورت عمود بر هم قرار میگیرند.

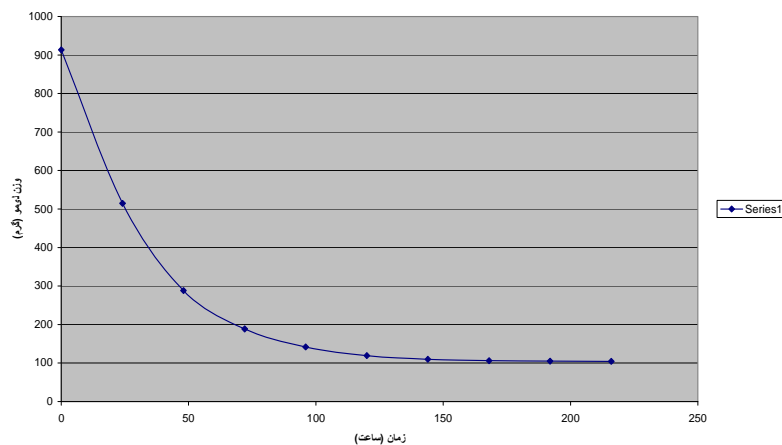
### آماده سازی لیمو:

قبل از قرار دادن لیموها در داخل خشک کن، آنها را به ضخامت ۲ تا ۴ میلیمتر درآورده و عمل هسته گیری بر روی آنها اعمال می گردد، سپس درون ظروف توری چیده میشوند و به خشک کن منتقل میشوند.

### روش انجام آزمایش:

برای انجام آزمایشات، دستگاه در محوطه ای آفتاب گیر قرار داده شد. آزمایشات ساعت ۸ صبح شروع و ۲۴ ساعت بعد اندازه گیری از نمونه های موجود در ظروف توری با ترازوی دیجیتال (دقت ۰.۱ گرم) آغاز میشود تا از این طریق وزن آبی که از لیموها تبخیر میشود محاسبه شود. کار اندازه گیری وزن ۹ روز به طول می انجامد تا نرخ کاهش رطوبت به عدد ثابتی نزدیک شود. پس از این مرحله اعداد اندازه گیری شده از هر نمونه با دیگر نمونه ها جمع شده و روند کاهش رطوبت بصورت نمودار ارائه میشود. که حاصل داده برداری آن در نمودار ۱ ارائه شده است.

دار تغییرات وزن لیمو نسبت به زمان



نمودار ۱- تغییرات وزن لیمو نسبت به زمان

پس از این مراحل میزان رطوبت محصول بر پایه وزن خشک به ۱۲/۹ درصد رسید که مقدار قابل قبولی برای انبارداری لیموی خشک شده است. شکل ۲ نمایی از لیموهای خشک شده به روش صنعتی و خشک کن خورشیدی را نشان میدهد:



شکل ۲- تصویر سمت راست لیموی خشک شده به روش صنعتی و سمت چپ خشک شده بوسیله خشک کن خورشیدی را نشان می دهد

### نتایج و بحث

در رابطه با مقوله خشک کن خورشیدی موارد زیر مطرح است: از نظر ارزش افزوده و کیفیت خشک کن خورشیدی بر سایر روشهای خشک کردن برتری دارد با افزایش طول جمع کننده راندمان بصورت قابل ملاحظه ای افزایش می یابد. استفاده از فناوری نانو میتواند گامی موثر در بهبود کارایی و بازدهی این خشک کن بشمار آید. با گذشت زمان سرعت خشک شدن بصورت چشمگیری کاهش می یابد که دلیل آن نزدیک شدن به لایه های آب اسمزی است. این روش باعث ترویج استفاده از انرژیهای نو بین کشاورزان و مردم میشود. رعایت بهداشت مواد غذایی در روستاها جزء اهداف این طرح بوده است. وزن کم و قابلیت جدا شدن اجزای این خشک کن امکان حمل و نقل آسان آنرا فراهم آورده است. این خشک کن برای خشک کردن همه محصولات کشاورزی خرد شده قابلیت دارد.

### منابع

- 1- Bahnasawy, A.H, Shenana, M.E, A mathematical model of direct sun and solar drying of some fermented dairy products, Journal of Food Engineering, vol.61, pp.309-319, 2004.
- 2- Bennamoun, L, Belhamri, A, Design and simulation of a solar dryer for agriculture products, Journal of Food Engineering, Vol.59, pp.259-266, 2003.
- 3- Bentayeb, F, Bekkioui, N, Zeghmati, B, Modeling and simulation of a wood solar dryer in a morrocam climate, conference of renewable energy, 2006.
- 4- Dilip, j, Modeling the performance of the reserved observer with packed bed thermal storage natural convection solar crop dryer, journal of food engineering, Vol.78, pp.637-647, 2007.
- 5- Eddy, J.K, Grandegger, A, Esper, M, Sumarsono and Djaya, C, Development of a multi-purpose solar tunnel dryer for use in humid tropics. Renewable Energy, Vol.1, No.2, pp.167-176, 1991.
- 6- Ferreira, A.g, Criciana, B, Marcio, F.B, Technical feasibility assessment of a solar chimney for food drying, conference of solar energy, 2007.
- 7- Giarman, K, Understanding solar energy, VITA publication, 1985.
- 8- hossain, M.A, Bala, B.K, Drying of hot chilli using solar tunnel drier, solar energy, Vol.81, pp.85-92, 2007.



- 9- **Janjai,S, Srisittipokakun,N, Bala,B.K,** Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices, energy, 2006.
- 10- **Koyuncu,T,** An Investigation on the performance improvement of greenhouse-type agricultural dryers, renewable energy, Vol.31, pp.1055-1071, 2006.
- 11- **Lutz,K, Muhlbauer,W, Muller,J, Reisinger,G,** Development of a multi-purpose solar crop dryer for arid zones, Solar and Wind Technology, vol.4, pp.417-424, 1987.
- 12- **Madhlopa,A, Ngwalo,G,** Solar dryer with thermal storage and biomass-backup heater, solar energy, Vol.81, pp.449-462, 2007.
- 13- **Midilli, A.Kucuk, H and Yapar, Z.A,** New model for single-layer drying, Drying Technology, vol:20, pp: 1503-1513, 2002.
- 14- **Nair,K.K, Bongirar,D. R,** Solar dryer for agricultural products, Indian Chem Eng, Vol.36, pp.103-105, 1994.
- 15- **Palsingh,P, singh,S, Dhaliwal,S.S,** Multi-shelf domestic solar dryer,Energy conversation and management,Vol.47,pp.1799-1815,2006.
- 16- **Pangavhane, D. Sawhney, R and Sarsavadia, L,** Design development and performance testing of a new natural convection solar dryer, Energy, Vol:27, pp:579-590, 2002.
- 17- **Sacilik, K. Keskin, R and Elicin, A.** Mathematical modeling of solar tunnel drying of thin Layer organic tomato, Journal of food engineering, vol:73, pp:231-238, 2006.
- 18- **Sarsavadia,P.N,** Development of a solar-assisted dryer and evaluation of energy requirement for the drying of onion, renewable energy,2006.
- 19- **Sharma. V. K, Sharma. S, Ray. R. A, Garg. H. P,** Design and performance of a dryer suitable for rural applications, Energy conversance, Vol.26, pp.111-119, 1986.
- 20- **Withiga,G, Kigo,S.N,** Performance of a solar dryer with limited sun tracing capacity, journal of food engineering,Vol.74,pp.247-252,2006.

## Lemon drying by solar passive drier

Amin Lotfian-Dehkordi<sup>1</sup>, Mohammadali Ghazavi<sup>2</sup>

1. M. Sc. Graduated of agricultural mechanics and machines, Shahrekord university
2. Assistant professor of agricultural mechanics and machines, Shahrekord university

### Abstract

Drying is an overuse energy process with the importance of crops preservation. Humans are used solar energy during their lives. Some of the advantages of solar energy is to keep environment cleaner and getting energy free of charge for saving fossil fuels. Foreconomical advantages of solar energy we congratulated the designing and fabricating a solar dryer in university of shahre-kord for lemon drying. So we had some testing about lemon drying process with inactive and indirect solar dryer.

**Keyword:** Solar energy, Renewal energy, Solar dryer, lemon