



خشک کردن لایه نازک برگ نعنا با استفاده از خشک کن خورشیدی جدید

مرادی^{۱*}، فلاحی^۲

^۱ استادیار بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز: moradih@shirazu.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز: ma.fallahi94@gmail.com

چکیده

در تحقیق حاضر از یک خشک کن خورشیدی جدید برای خشک کردن برگهای نعنا استفاده شد. این خشک کن دارای یک جمع کننده صفحه ای تخت بوده که آب را گرم کرده و آب گرم در داخل رادیاتور که درون اتاقک خشک کن قرار دارد چرخش کرده و موجب خشک شدن محصول می شود. به منظور بررسی تاثیر شرایط مختلف، ۶ دمای متفاوت اعمال گردید و نرخ خشک شدن آنها باهم مقایسه گردید. نتایج نشان داد که اعمال دماهای بالاتر باعث افزایش نرخ خشک شدن می شود. همچنین اعمال دماهای بالا در اوایل فرایند خشک شدن تاثیر بیشتری بر فرایند خشک شدن خواهد داشت.

کلمات کلیدی:

خشک کن خورشیدی، برگ نعنا، لایه نازک

Thin layer drying of Mint leaves using a new solar dryer

Abstract

In this research, a new solar dryer was used to dry Mint Leaves. This dryer contains a solar plate collector that heats up circulating water in drying bin. In order to investigate different operating conditions on the drying kinetics, 6 temperature levels were considered to apply in the drying bin. Results showed that higher temperatures increase the drying rate of mint leaves however higher temperature in the first drying stages has more effect on the drying rate.

Key words

Solar drying, Mint leaves, thin layer

M. Moradi^{1*}, M. A. Fallahi²

¹ assistant prof. of Biosystems engineering department, Shiraz University, Shiraz, Iran:
moradih@shirazu.ac.ir

² Student of of Biosystems engineering department, Shiraz University, Shiraz, Iran:
ma.fallahi.94@gmail.com



۱- مقدمه

کاربرد انرژی های تجدیدپذیر به عنوان منابعی ارزان و پاک در امور مختلف می تواند باعث کم شدن هزینه های جاری و کم شدن آلودگی محیط زیست شود. این انرژی ها شامل انرژی خورشیدی، انرژی باد، آب، زمین گرمایی و... می شود. خورشید به عنوان منبع تمام انرژی های کره زمین در صدر انرژی های تجدیدپذیر قرار دارد. این نوع انرژی مجانی بوده و در اکثر نقاط در دسترس می باشد. مقدار انرژی خورشیدی دریافتی توسط کره زمین بسیار بالا بوده به گونه ای که اگر بتوان از همه این انرژی استفاده مفید کرد، نیاز به استفاده از هیچ نوع انرژی دیگری احساس نخواهد شد (Zomorodian and Moradi, 2010). در مقابل انرژی های تجدیدناپذیر برای تولیدشان به مدتهای زیادی زمان نیاز دارند و برای تولید آنها هزینه زیادی باید صرف کرد. ضمن این که این نوع از انرژی ها آلودگی های زیست محیطی تولید کرده و باعث بالا رفتن گازهای گلخانه ای می شوند. از این رو امروزه بشر به دنبال همگانی کردن استفاده از انرژی های تجدیدپذیر است تا بتواند از مخمسه هایی که در اثر کاربرد انرژی های تجدیدپذیر ایجاد کرده است، رهایی یابد (Moradi and Zomorodian, 2009). خشک کردن محصولات کشاورزی از فرایندهایی است که میزان بسیار زیادی انرژی مصرف می کند. بنابراین معرفی روشهایی که موجب استفاده کمتر از منابع سوخت های فسیلی شود می تواند کمک شایانی در حفظ محیط زیست و کمتر شدن هزینه خشک کردن محصولات بشود. خشک کن های خورشیدی در انواع مختلفی می توانند طراحی و ساخته شوند. امکان استفاده از انرژی خورشیدی به منظور خشک نمودن محصولات کشاورزی اولین بار توسط Buelow (1958) بررسی شد. طرحهایی درباره جمع کننده های خورشیدی برای گرم کردن هوا جهت استفاده در خشک کردن محصولات کشاورزی و بهبود دما در محل های نگهداری دام و طیور توسط Sobel and Buelow (1962) و Buelow (1963) ارائه شد. تا قبل از سال ۱۹۷۳ استفاده از انرژی خورشیدی برای خشک کردن محصولات کشاورزی در حد خیلی کم بود تا اینکه سیستمی کارآمد که سبب برانگیخته شدن علاقه و توجه پژوهشگران به استفاده از انرژی خورشیدی جهت خشک کردن محصولات کشاورزی می شد، توسط Peterson and Helliokson (1976) ارائه و معرفی شد. تحقیقات در زمینه خشک کردن غلات به روش خورشیدی با سرمایه گذاری مؤسسه ملی علوم در ایالات متحده در سال ۱۹۷۴ میلادی آغاز شد که این کار به دلیل کاهش سوخت در سال ۱۹۷۳ میلادی انجام گرفت و به عنوان بخشی از تلاشهای ایالات متحده در جهت تأمین انرژی به شمار می رفت (Foster (1977). تحقیقات مربوط به خشک کردن خورشیدی توسط بخش انرژی ایالات متحده در سال ۱۹۷۷ میلادی آغاز گردید و شامل سرمایه گذاری برای پروژه های مربوط به خشک کردن غلات، علوفه، تنباکو، چوب و... بود. برنامه تحقیقاتی خشک کردن محصولات کشاورزی توسط بخش کشاورزی اداره و اجرا می شد و نتایج اولیه پروژه های فوق توسط Foster and Peart (1976) و Hartsok (1978) گزارش شده است. Calderwood (1980) برای تشخیص اینکه آیا انرژی خورشیدی نیاز به سوخت خشک کن را کاهش می دهد یا خیر یک کالکتور خورشیدی تخت که سطح ۹۶ متر مربع از یک سقف شیروانی را اشغال می کرد در نزدیکی یک خشک کن برنج قرار داد. خشک کن از نوع مختلط پیوسته با هوای گرم شده بود. گرمای مکمل توسط یک مشعل گاز LP تأمین می شد. یک ترموستات در ورودی محفظه آرام کننده قرار داشت و یک سوپاپ را در مسیر گاز LP کنترل می نمود و به این وسیله دما ثابت نگه داشته می شد. نتایج این آزمایشها به این ترتیب بود که ماکزیمم در صد انرژی گرمایی فراهم شده به وسیله کالکتور برای دماهای ۴۹، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتیگراد به ترتیب ۴۳/۵، ۳۸/۱ و ۳۲/۶ درصد بود. Chirarattananon et al., (1988) مدلی برای خشک کن خورشیدی کابینتی جایجایی اجباری بر اساس تعادل جرم و انرژی ارائه نمودند. گرم کننده خورشیدی دریابین کابینت قرار گرفت. درون کابینت سه عدد سینی قرار داشت که به طور عمودی در سه ردیف واقع شده بودند و اطراف هر سینی حجم کنترلی در نظر گرفته شد. قسمتی از پوشش که در اطراف سینی قرار داشت نیز جزء حجم کنترل بود. نهایتاً مدل زیر برای انتقال جرم بدست آمد. اکثر خشک کن هایی که تا امروزه معرفی و ساخته شده اند، صرفاً با استفاده از جریان ممتد هوای گرم محصولات را خشک می کنند. اما برای محصولاتی مانند گیاهان دارویی کاربرد خشک کنهای هوای گرم ممکن است باعث کم شدن کیفیت آنها بشود. یکی از مهمترین مواردی که ممکن است باعث کم شدن کیفیت گیاهان دارویی بشود، استفاده از هوای گرم برای خشک کردن می باشد. در این حالت عبور هوا با دمای بالا می تواند موجب جدا شدن اسانس از گیاه شود. فرایند خشک کردن محصولات کشاورزی مقدار زیادی انرژی مصرف می کند. بنابراین در تحقیق حاضر سعی شده است که روشی جدید مبتنی بر انرژی خورشید که دارای بازدهی بسیار بالایی است برای خشک کردن برگ نعنا استفاده گردد.

۲- مواد و روش ها

در تحقیق حاضر از یک خشک کن خورشیدی جدید که دارای مخزن آب گرم می باشد برای خشک کردن نعنا استفاده شده است. این خشک کن دارای یک جمع کننده خورشیدی از نوع صفحه ای تخت می باشد که بمنظور جذب حداکثری انرژی خورشیدی به سمت جنوب و تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به سطح افق طراحی شده است. صفحه جمع کننده در این دستگاه از جنس گالوانیزه و به رنگ تیره ساخته شده است. سطح موثر جمع کننده ۲/۵ متر مربع بوده که آب با چرخش در اطراف آن گرم شده و به سمت رادیاتور می که در داخل جعبه خشک کن قرار دارد، ارسال می شود. این آب گرم شده پس از چرخش در داخل رادیاتور دوباره به مخزن برگشته تا گرم شود (شکل ۱). چون که این نوع از خشک کن به صورت گردشی کار می کند، اتلافات انرژی درون آن حداقل می باشد. ممکن است فقط در حین انتقال آب گرم از داخل مخزن به سمت رادیاتور، مقداری حرارت تلف شود. برگ های

نعنا فلفلی هر روز صبح به صورت تازه از بازار خریداری شده و به اندازه ۱۵ گرم بر روی سطح رادیاتور که با یک پوشش پلی اتیلنی پوشانیده شده بود، قرار داده شد. رطوبت اولیه‌ی برگ‌های نعنا که با استفاده از آن الکتریکی اندازه‌گیری شد به اندازه ۸۵/۵ درصد (برمبنای تر) بود و فرایند خشک کردن تا رسیدن به رطوبت حدود ده درصد ادامه داشت. تاثیر کاربرد دماهای مختلف بر مدت زمان خشک شدن مورد بررسی قرار گرفت. برای اینکه دمای بستر محصول تقریباً ثابت بماند از یک هیتر ۲ کیلوواتی استفاده شد تا چنانچه انرژی خورشیدی نتوانست دمای مورد نظر را تامین کند، این هیتر وارد مدار شود. از یک ترموستات استفاده شد که حسگر دمای آن در بستر محصول قرار داده شد. به دلیل این که حجم آب درون سیستم زیاد است ممکن است این دما به طور دقیق ثابت نماند و با وجود تابش انرژی خورشید دما افزایش یابد از این رو نوسانات دما در بستر محصول به صورت لحظه‌ای ثبت گردید.

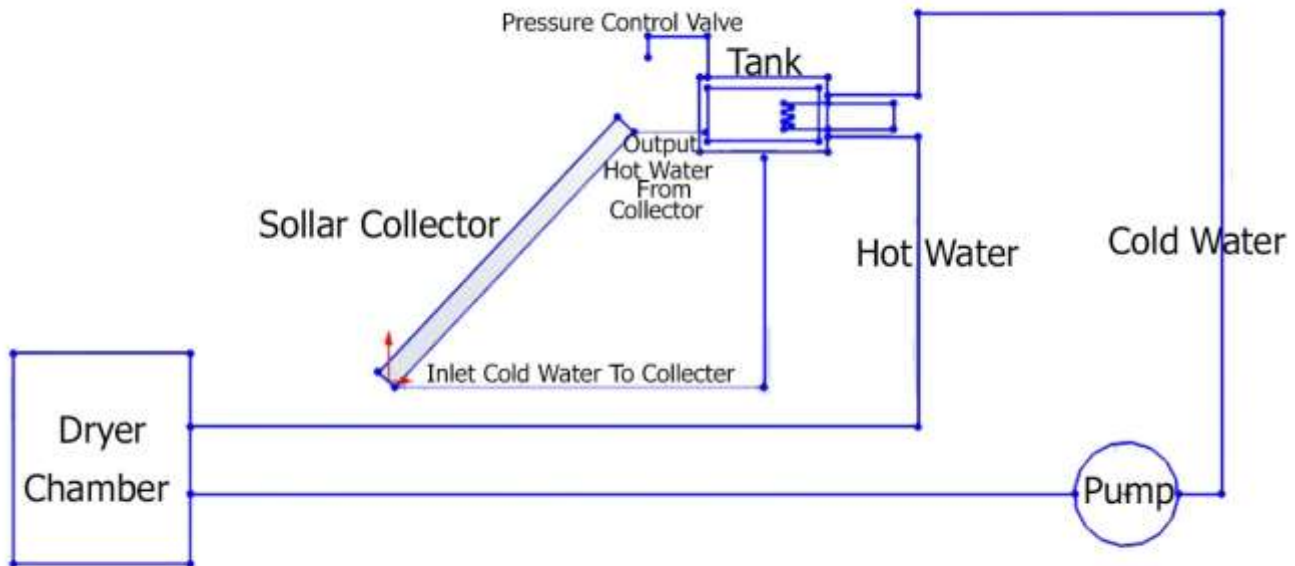


Figure1- Schematic of used apparatus

شکل ۱- شکل شماتیک خشک کن ساخته شده

همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، این دستگاه دارای یک مخزن دوجداره است که با چرخش آب درون این مخزن در اطراف جمع کننده آب گرم شده و سپس این آب گرم به درون رادیاتوری که داخل اتاقک خشک کن قرار داشت پمپاژ می شود. آب گرم پس از گردش درون رادیاتور به داخل مخزن دوجداره برمی گردد. به این ترتیب آب گرم حرارت را از طریق رادیاتور به اتاقک خشک کن انتقال داده و باعث خشک شدن برگ‌های نعنا که بر روی سطح پلی اتیلنی روی رادیاتور قرار داشت، می شود. به منظور کنترل دمای اتاقک خشک کن از یک حسگر دما درون اتاقک استفاده می شد تا اگر دمای درون اتاقک از دمای تنظیمی کمتر باشد، با راه اندازی پمپ چرخشی، گرما را به اتاقک خشک کن انتقال دهد. درب اتاقک خشک کن باز است تا رطوبت گرفته شده از برگ‌های نعنا خارج شود. مزیت استفاده از این روش برای خشک کردن محصولات علاوه بر بازدهی مصرف انرژی بالا، به دلیل عدم استفاده از هوای گرم موجب حفظ کیفیت گیاهان دارویی می شود. چند دمای مختلف بر سیستم کنترلی دستگاه اعمال شد تا گیاه نعنا خشک شده و تاثیر این دماها بر سنتیک خشک شدن آن مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مقایسه سرعت خشک شدن برگ‌های نعنا از نرخ خشک شدن استفاده شد. نرخ خشک شدن (DR) از رابطه ۱ محاسبه شد (Brooker et al, 1992):

$$DR = \frac{\Delta M}{\Delta t} \quad (1)$$

که در این رابطه ΔM مقدار رطوبت گرفته شده در زمان Δt می باشد.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش نه سطح دمایی مختلف برای خشک شدن برگ‌های نعنا در دستگاه خشک کن خورشیدی اعمال گردید. نمودارهای مختلف خشک شدن تحت دماهای مختلف در ادامه آورده شده است. در شکل ۲ تغییرات نرخ خشک شدن برگ‌های نعنا در دمای متوسط ۴۴/۷۵ درجه سلسیوس آورده شده است.

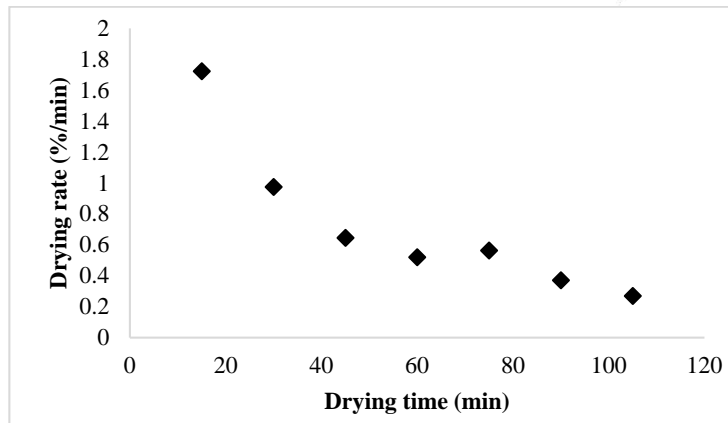


Figure 2. Drying rate variations in average temperature of 44.75°C

شکل ۲- نمودار نرخ خشک شدن در متوسط دمای ۴۴/۷۵ درجه سلسیوس

همان گونه که ذکر شد، به دلیل اینکه آب گرم درون محفظه خشک کن در چرخش است اعمال دمای دقیق ممکن نیست. از این رو تغییرات دمای بستر محصول در طی فرایند خشک شدن ثبت گردید. نمودار تغییرات دمای بستر محصول برای این حالت در شکل ۳ آورده شده است. با توجه به شکل های ۲ و ۳ مشخص می شود، از دقیقه چهارم به بعد افزایش دما موجب می شود که نرخ خشک شدن در دقیقه ۷۵ ام نسبت به دقیقه ۶۰ ام زیادتر شده است. میانگین نرخ خشک شدن برگ های نعنا در این حالت مساوی ۰/۷۲۴ درصد رطوبت بر دقیقه می باشد.

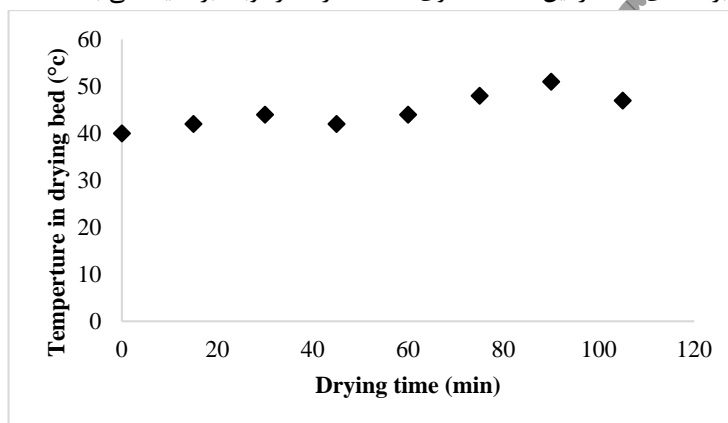


Figure 3. Temperature variations during drying process for average temperature of 44.75°C

شکل ۳- دمای بستر محصول طی فرایند خشک شدن (درجه سلسیوس) برای دمای متوسط ۴۴/۷۵ درجه سلسیوس

در شکل های ۴ و ۵ نیز تغییرات نرخ خشک شدن و دمای داخل خشک کن در حالتی که متوسط دمای بستر محصول برابر ۵۱/۷ درجه سلسیوس باشد، نشان داده شده است. متوسط نرخ خشک شدن برگ های نعنا در این حالت مساوی ۱/۰۵۳ درصد بر دقیقه مجاسبه گردید. نسبت به حالت قبل (شکل ۲) دارای نرخ خشک شدن بیشتر می باشد. دلیل این امر بالاتر بودن دمای بستر محصول است.

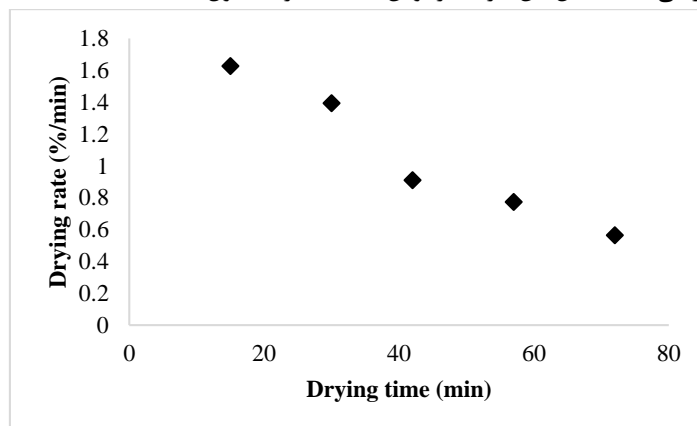


Figure 4. Drying rate variations in average temperature of 51.7°C

شکل ۴- نمودار نرخ خشک شدن در متوسط دمای ۵۱/۷ درجه سلسیوس

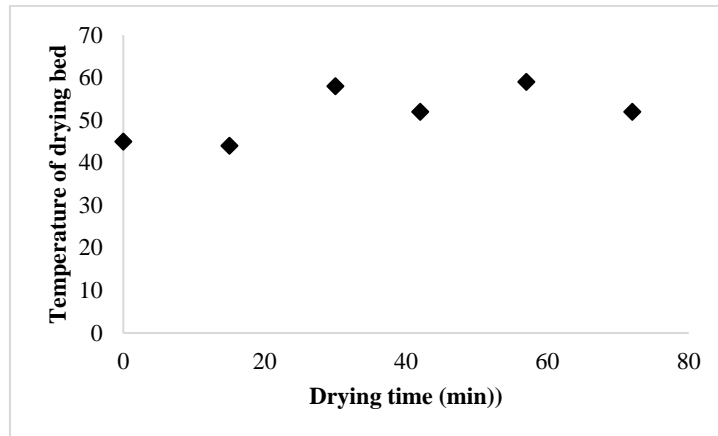


Figure 5. Temperature variations during drying process for average temperature of 51.7°C

شکل ۵- دمای بستر محصول طی فرایند خشک شدن برای دمای متوسط ۵۱/۷ درجه سلسیوس

در شکل های ۶ و ۷ تغییرات نرخ خشک شدن و دمای بستر محصول در حالتی که متوسط دمای بستر محصول برابر ۴۸/۶ درجه سلسیوس باشد، نشان داده شده است. میانگین نرخ خشک شدن در این حالت برابر ۰/۸۴ درصد بر دقیقه می باشد.

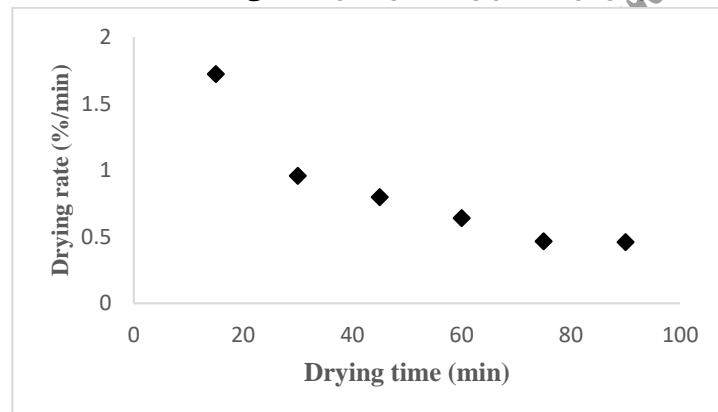


Figure 6. Drying rate variations in average temperature of 48.6°C

شکل ۶- تغییرات نرخ خشک شدن در متوسط دمای ۴۸/۶ درجه سلسیوس

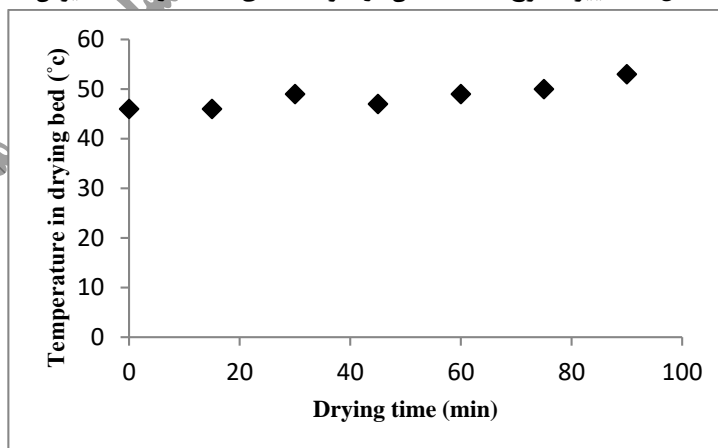


Figure 7. Temperature variations during drying process for average temperature of 48.6°C

شکل ۷- دمای بستر محصول طی فرایند خشک شدن برای دمای متوسط ۴۸/۶ درجه سلسیوس

در شکل های ۸ و ۹ تغییرات نرخ خشک شدن و دمای بستر برگ های نعنا حین خشک شدن با خشک کن خورشیدی در دمای متوسط بستر محصول ۵۲/۸۶ درجه سلسیوس آورده شده است. میانگین نرخ خشک شدن در این حالت برابر ۰/۸۷۱ درصد بر دقیقه است. این عدد در مقایسه با حالتی که متوسط دمای بستر محصول ۵۱/۷ درجه سلسیوس است (شکل ۴) کمتر می باشد. دلیل این امر ممکن است به دمای اولیه بستر محصول در شکل ۹

نسبت به شکل ۵ می باشد. زیرا در دقایق اولیه خشک شدن بیشتر مقدار رطوبت از محصول جدا می شود که در حالتی که متوسط دمای بستر محصول $52/86$ درجه سلسیوس باشد، این دما 41 درجه است اما در حالتی که متوسط دمای بستر معنا حین خشک شدن $51/7$ درجه سلسیوس است، دمای شروع فرایند 45 درجه است.

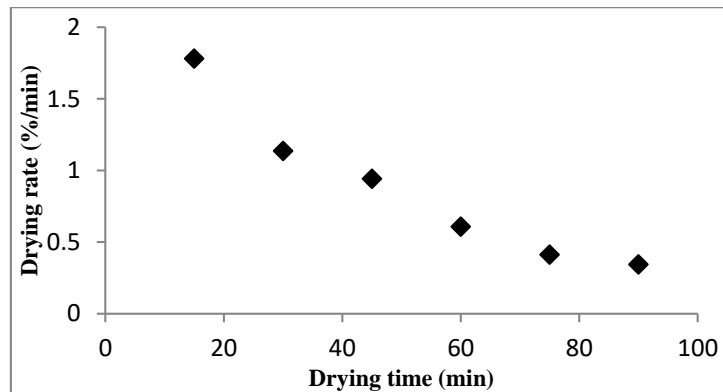


Figure 8. Drying rate variations in average temperature of 52.86°C

شکل ۸- تغییرات نرخ خشک شدن در متوسط دمای $52/86$ درجه سلسیوس

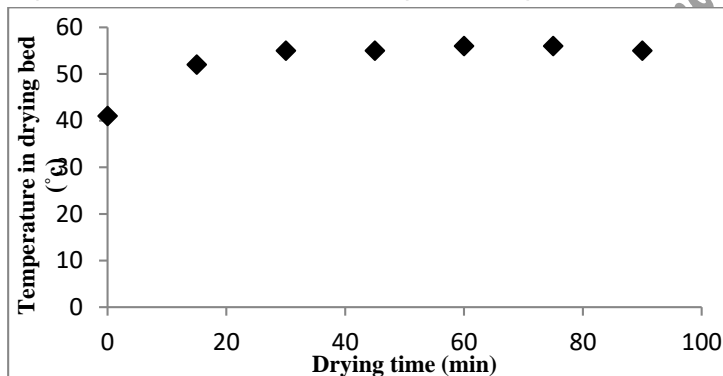


Figure 9. Temperature variations during drying process for average temperature of 52.86°C

شکل ۹- دمای بستر محصول طی فرایند خشک شدن برای دمای متوسط $52/86$ درجه سلسیوس

در شکل های ۱۰ و ۱۱ تغییرات نرخ خشک شدن و دمای بستر محصول برای متوسط دمای $42/83$ درجه سلسیوس آورده شده است. مشاهده می شود که مدت زمان خشک شدن 165 دقیقه است که در مقایسه با دماهای بالاتر مدت زمان بیشتری است.

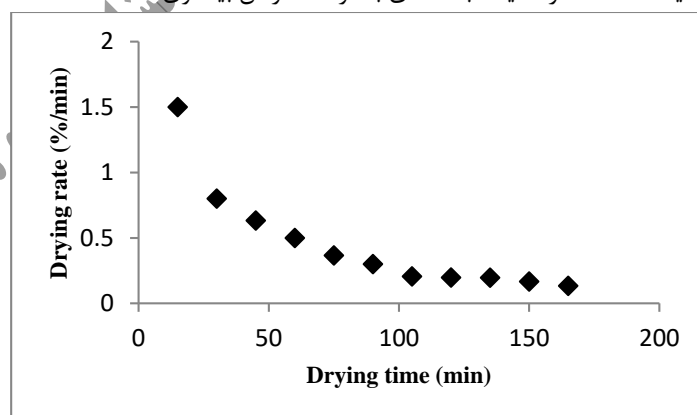


Figure 10. Drying rate variations in average temperature of 42.83°C

شکل ۱۰- تغییرات نرخ خشک شدن در متوسط دمای $42/83$ درجه سلسیوس

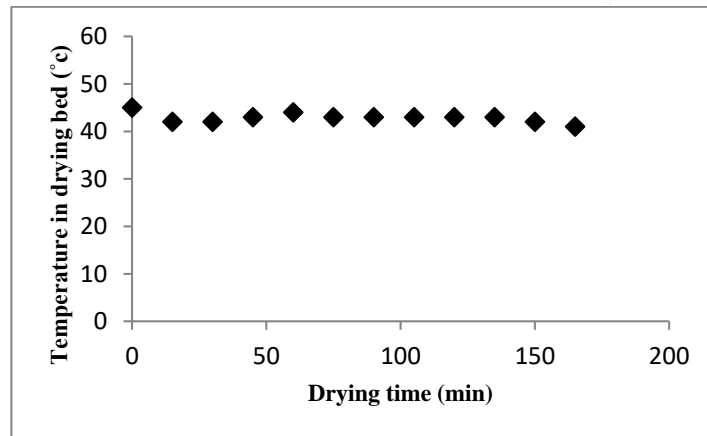


Figure 11. Temperature variations during drying process for average temperature of 42.83°C

شکل ۱۱- دمای بستر محصول طی فرایند خشک شدن برای دمای متوسط ۴۲/۸۳ درجه سلسیوس در شکل های ۱۲ و ۱۳ تغییرات نرخ خشک شدن و دمای بستر محصول برای حالتی که دمای متوسط بستر محصول برابر ۴۱/۳ درجه سلسیوس باشد نشان داده شده است. در این حالت میانگین نرخ خشک شدن برابر ۰/۴۱۹ درصد رطوبت بر دقیقه می باشد.

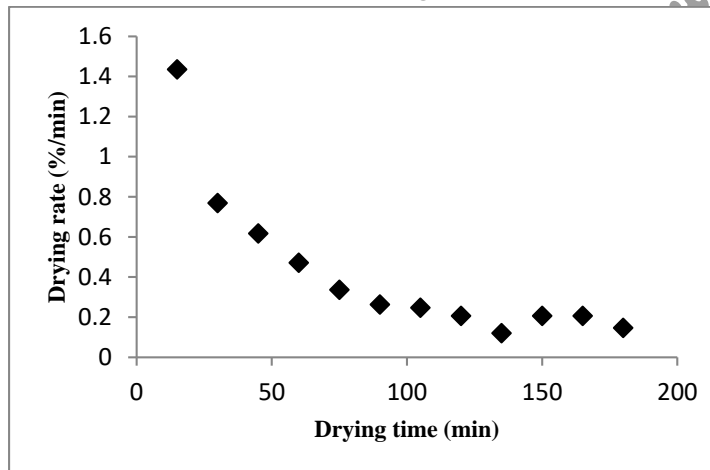


Figure 12. Drying rate variations in average temperature of 41.3°C

شکل ۱۲- تغییرات نرخ خشک شدن در متوسط دمای ۴۱/۳ درجه سلسیوس

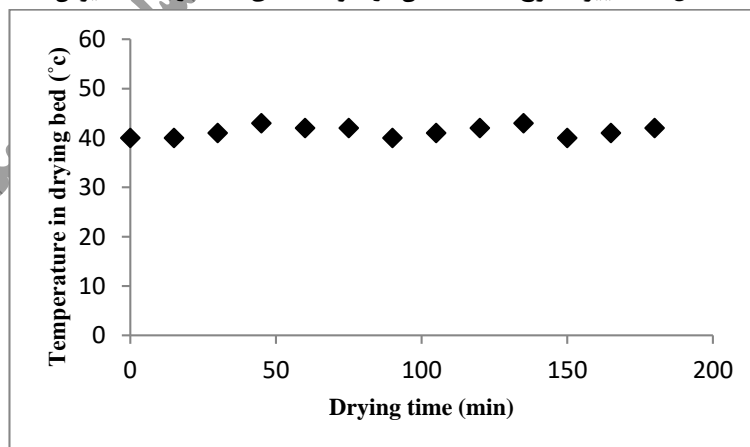


Figure 13. Temperature variations during drying process for average temperature of 41.3°C

شکل ۱۳- دمای بستر محصول طی فرایند خشک شدن برای دمای متوسط ۴۱/۳ درجه سلسیوس

نتایج بدست آمده از این پژوهش مشابه سایر تحقیقات مربوط به خشک کردن لایه نازک می باشد (Moradi et al, 2016, Moradi and Zomorodian, 2009).



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



۴- نتیجه گیری

یک خشک کن خورشیدی جدید جهت خشک کردن لایه نازک برگ های نعنا به کار گرفته شد. آزمایش های مختلف با خشک کن مزبور انجام گرفت تا اثر شرایط بر سنتیک خشک کردن بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد که کاربرد دمای بالاتر در مراحل ابتدایی موجب افزایش نرخ خشک شدن برگ های نعنا می شود.

۵- مراجع

Zomorodian, A., & Moradi, M. (2010). Mathematical modeling of forced convection thin layer solar drying for Cuminum cyminum. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 12, 401-408.

Moradi, M., & Zomorodian, A. (2009). thin layer solar drying of Cuminum Cyminum grains by means of solar cabinet dryer. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 5 (3), 409-413.

Brooker, D.B., F.W. Bakker- Arkema., & Hall, C. W. (1992). *Drying and Storage of Oilseeds*. The AVI Publishing Compay, New York.

Buelow, F. H. (1958). Drying grain with solar energy. *Agric. Exp. Stm. Q. Bull.* 41, 421-429.

Buelow, F. H. (1962). Solar energy collector design. *Transaction of the ASAE*, 23(5), 2-5.

Sobel, A. T. & F. H. Buelow. (1963). Galvanized steel roof construction for solar heating. *Agricultural Engineering Research*, 44: 312-313, 316-317.

Peterson, W. H. & Hellikson, M. A. (1976). Solar electric drying of corn in South Dacota. *Transaction of the ASAE*, 19: 349-353.

Foster, G. H. (1977). Overview of solar grain drying research field test. In: Solar Drying Conf. Proc., G. C. Shove (editor). Univ. of Illinois, Urbana-Champaign.

Foster, G. H. & Peart, R. M. (1976). *Solar grain drying progress and potential*. U. S. Dept. Agric. Inf. Bull. 401p.

Hartsock, J. G. (1978). Solar Grain Drying Conf. Proc., May. U. S. Dep. Agric., West Lafayette, Ind.

M. Moradi, M. Niakousari, A. Etemadi. 2016. Dimensionless modeling of thin layer drying process of Aloe vera gel. *Iranian Food Science and Technology Research Journal* Vol. 12, No. 3, Aug. Sep., p. 362-370.

Calderwood, D.L. (1980). Solar assisted rice drying in a continuous-flow dryer. *Transaction of the ASAE* 23(4): 1728-1732.

Chirarattananon, S., C. Chinporncharoenpong and R. Chirarattananon. (1988). A steady state model for the forced convection solar cabinet dryer, *Solar Energy*, 41 (6): 349-360.