

# بررسی عملکرد و مصرف سوخت در خشک کن واگنی برای خشک کردن پسته

احمد غضنفری مقدم<sup>۱</sup> - محمد علی میرزایی و مهدی بدیعی<sup>۲</sup>

## چکیده

یکی از مهمترین عملیات فرآوری پس از برداشت پسته خشک کردن آن می باشد. خشک کردن پسته بطور سنتی در مقابل آفتاب صورت میگیرد و در سالهای اخیر اکثر محصول پسته با استفاده از خشک کن های صنعتی و سوخت های فسیلی در دمایی بین ۴۵ تا ۷۰ درجه سانتیگراد خشک می نمایند. خشک کن واگنی یکی از متداولترین خشک کن های موجود در مناطق پسته خیز و ترمینالهای ضبط پسته می باشد. برای آگاهی از چگونگی عملکرد این دستگاه و شرایط بهینه کاری آن نیاز است که دستگاه مزبور مورد ارزیابی قرار گیرد. هدف از انجام این طرح بررسی مقدار مصرف سوخت و چگونگی پیشرفت عمل خشک شدن پسته در دماهای مختلف بود.

در انجام آزمایشات طرح، پسته با استفاده از پنج تیمار ۵۰، ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درجه سانتیگراد خشک گردید. روند خشک شدن در هر پنج تیمار تا دو ساعت اول به صورت کاهشی بوده و با افزایش دما عمل خشک شدن نیز سریع تر رخ می دهد. ولی در تیمار ۷۰ درجه و ۶۵ درجه از ساعت دوم نرخ کاهش رطوبت بیش از سایر تیمار ها کاهش یافته و وضعیت غیر عادی را نشان میدهد که این وضعیت مربوط به سخت شدن جلدی پسته در این دماها می باشد. تحلیل کلی نتایج نشان می دهند که دمای ۶۵ و ۷۰ برای خشک کردن پسته زیاد است. خشک کن های واگنی تا رسانیدن رطوبت سطحی پسته به حد ۳۰ درصد مقدار مصرف سوخت آنها از یک تابع خطی سعودی پیروی می کند ولی کاهش رطوبت از این مرحله به بعد با افزایش توانی سوخت روبرو است.

## مقدمه

یکی از مهمترین عملیات فرآوری پس از برداشت پسته خشک کردن آن می باشد. خشک کردن سنتی پسته از طریقی پهن کردن آن در مقابل آفتاب صورت می گیرد که فرآیند خشک کردن قابل کنترل نبوده و تابع شرایط محیطی است. از طرفی پهن کردن پسته در یک فضای باز بهداشتی نیست و در کیفیت آن تاثیر مینماید. در سالهای اخیر خشک کن های صنعتی با طرحهای متفاوتی ابداع شده اند که هر یک خصوصیات خاص خود را دارند و تولیدکنندگان پسته بر اساس درآمد، مقدار تولید، و چگونگی خط فرآوری خود یک نوع از این خشک کن ها را خریداری می نمایند. اکثر این خشک کن ها توسط سازندگان محلی ساخته گردیده اند و هیچگونه ارزیابی علمی از آنها به عمل نیامده است.

خشک کن های صنعتی با استفاده از سوخت های فسیلی کار می نمایند و اکثرا پسته را در دمایی بین ۴۵ تا ۷۰ درجه سانتیگراد خشک می نمایند. تعدادی از این دستگاهها، از جمله خشک کن واگنی، در حقیقت رطوبت گیر بوده و تنها رطوبت سطحی پسته را می گیرند و عمل خشک کردن نهایی در مقابل آفتاب صورت میگیرد. در صورتیکه خشک کن های پسته به خوبی عمل ننمایند مقدار قابل توجهی پسته و سوخت تلف خواهد گردید که در اقتصاد منطقه نقش عمده ای خواهد داشت.

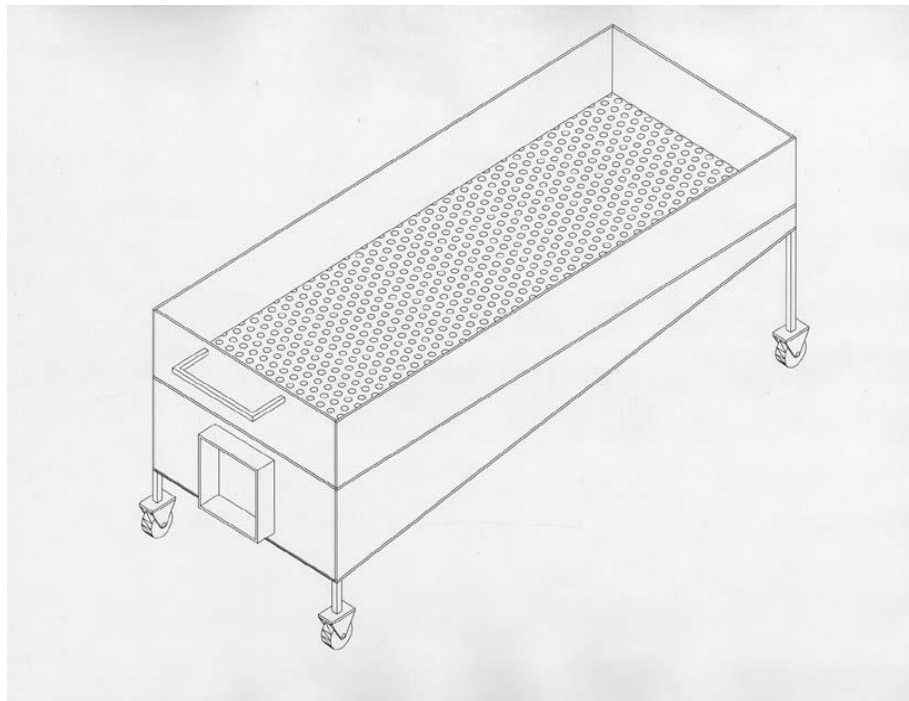
خشک کن واگنی یکی از متداولترین خشک کن های موجود در مناطق پسته خیز و ترمینالهای ضبط پسته می باشد. برای آگاهی از چگونگی عملکرد این دستگاه و شرایط بهینه کاری آن نیاز است که دستگاه مزبور مورد ارزیابی قرار گیرد. هدف از انجام این پروژه بررسی مقدار مصرف سوخت و چگونگی پیشرفت عمل خشک شدن پسته در دماهای مختلف بود. راندمان سوختی دستگاه نیز تعیین گردید.

## روش کار

### شرح دستگاه

خشک کن واگنی مورد استفاده در این پژوهش (شکل ۱) بطور کلی تشکیل میشود از یک مخزن روباز مکعب مستطیلی در ابعاد ۴ متر طول، ۲ متر عرض و ۳۵/۱ متر عمق. مخزن که از جنس ورق گالوانیزه می باشد بر روی دو و یا چهار چرخ قرار دارد که بوسیله تراکتور یا کارگر قابل انتقال می باشد. پسته تر با ضخامت حدود ۳۰ سانتیمتر در داخل این مخزن ریخته می شود. سپس دهانه مخزن که در پهلوی آن قرار دارد به کانال هوای گرم وصل میگردد. در هنگام خشک کردن پسته های زیرین که بیشتر در معرض هوای گرم قرار دارند رطوبت خود را زودتر از دست می دهند و

بنابر این برای یکنواخت تر شدن عمل خشک شدن پسته باید زیر و رو گردد. این خشک کن از آنجا که ارزان قیمت می باشد و احتیاج به سرویس چندانی ندارد مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. بعلاوه کشاورز از مخزن این خشک کن میتواند برای حمل و نقل و انبار موقت و حتی در مواردی برای شوست و شوی پسته استفاده بنماید.

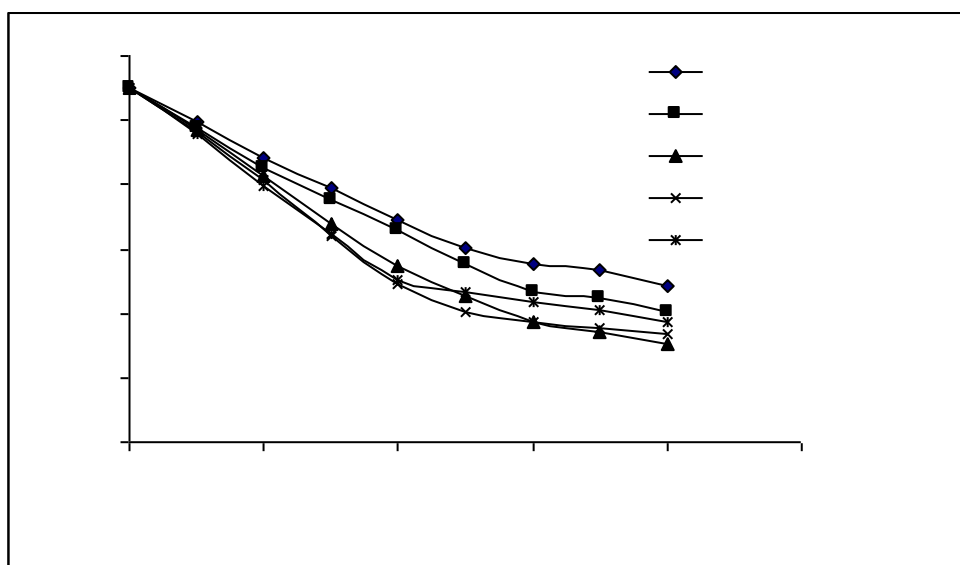


## آزمایشات

آزمایشات تحلیل عملکرد خشک کن واگنی در تابستان ۱۳۸۲ در ترمینال ضبط پسته (باقری - کرمان) انجام شدند. در این آزمایشات پسته فندقی (اوحدی) پس از پوست گیری شدن بلافاصله با آب شسته شد و به همان صورت تر در داخل واگن (مخزن خشک کن) ریخته شدند. نمونه هایی از پسته برای تعیین رطوبت اولیه برداشته و در یک کیسه پلاستیکی قرار داده و بلافاصله برای تعیین رطوبت به آزمایشگاه منتقل گردیدند. واگن حاوی پسته تر را به کانال هوای گرم وصل نموده و عمل خشک کردن آغاز گردید. خشک کردن پسته با استفاده از پنج تیمار ۷۰، ۶۵، ۶۰، ۵۵، ۵۰ و ۷۰ درجه سانتیگراد صورت گرفت. تنظیم دما با استفاده از یک ترموستات که در کانل خروجی مشعل تعبیه شده است انجام گردید. در هر پنج تیمار مقدار هوای انتقالی توسط فن ثابت بود و مقدار پسته ریخته شده در هر واگن نیز از نظر سطحی تا ارتفاع ۳۰ سانتیمتر از کف مخزن یکسان بود. در فواصل مساوی نیم ساعته از هر تیمار در ابتدا، وسط و در انتهای مخزن نمونه گیری بعمل آمد و مقدار رطوبت نمونه ها با پیشرفت خشک شدن تعیین گردید. برای تعیین مقدار سوخت مصرفی، در ابتدای هر تیمار یک ظرف مدرج از سوخت (گازوئیل) پر نموده و در فواصل زمانی نیم ساعته مقدار مصرفی سوخت اندازه گیری شد. برای پی بردن به چگونگی پراکندگی حرارت در قسمت های مختلف خشک کن برای هر تیمار دما بعد از فن، در ابتدای ورود به مخزن، در وسط و در انتهای خشک کن اندازه گیری شدند.

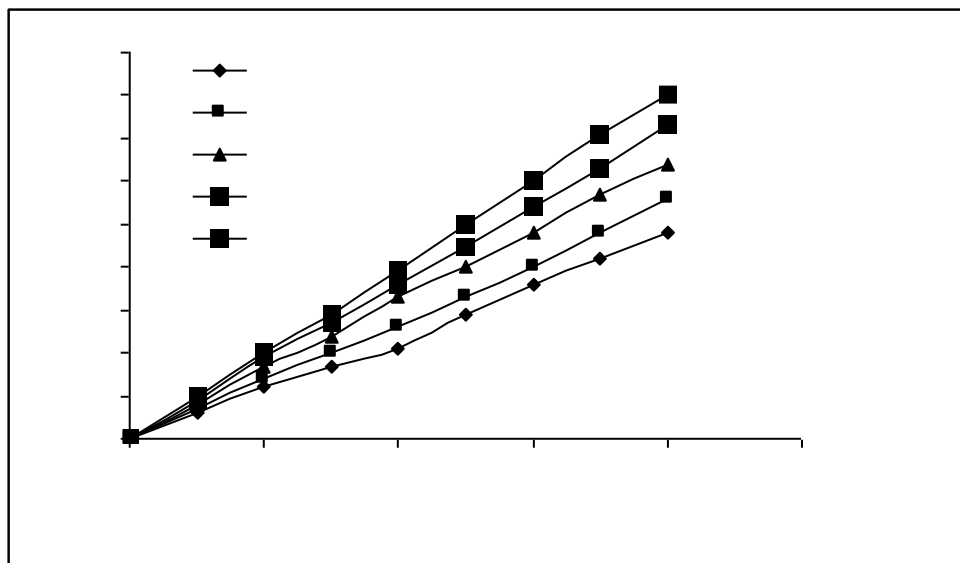
## نتایج و بحث

رطوبت پسته در ابتدای آزمایشات مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و نشان داد که رطوبت پسته شسته شده ۵۵ درصد می باشد. لازم به ذکر است که این پسته کاملاً خیس بوده و مورد رطوبت زدایی قرار نگرفته است. مقدار تغییرات رطوبت پسته در خشک کن در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است. روند خشک شدن در هر پنج تیمار تا دو ساعت اول به صورت کاهشی بوده و با افزایش دما عمل خشک شدن سریع تر اتفاق می افتد. ولی مشاهده میشود که در تیمار ۷۰ درجه و سپس در ۶۵ درجه از ساعت دوم نرخ کاهش رطوبت به شدت کاهش یافته و وضعیت غیر عادی را نشان میدهد. همانطور که مشاهده میشود از ساعت دوم رطوبت مخزن ۶۵ درجه و از ساعت سوم به بعد رطوبت مخزن ۷۰ درجه از مخزن ۶۰ درجه بیشتر است. این تغییر عمده در روند خشک شدن به دلیل خشک شدن سریع سطح مغز پسته (*case-hardening*) می باشد که در دو ساعت اول بوجود آمده و در مراحل بعدی از خارج شدن عادی رطوبت جلوگیری بعمل آورده است. اینگونه سختی جلدی در خشک کردن بسیاری از محصولات کشاورزی با حرارت بالا مشاهده گردیده است ولی محدوده دما برای این حالت از محصولی تا محصول دیگر متفاوت است. با توجه به جدول شماره یک به دلیل از دست داده شدن مقداری حرارت در بین مشعل و مخزن، عملاً سختی سطح در پسته از حرارت ۶۰ درجه به بالا روی میدهد. رطوبت در قسمت های مختلف مخزن برای هر نیم ساعت یک بار مورد اندازه‌گیری قرار گرفت ولی تفاوت معنی داری بین جلو، وسط و انتهای مخزن مشاهده نگردید.



شکل ۲- روند کاهش رطوبت در پسته در خشک کن واگنی

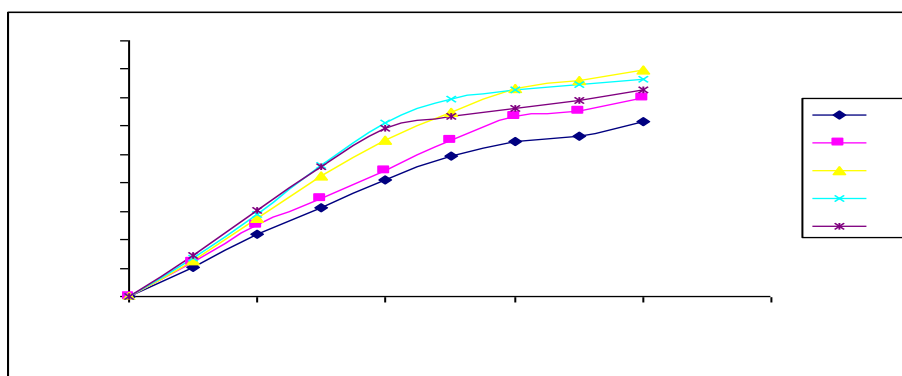
چگونگی مصرف سوخت در تیمارهای مختلف در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. در تمامی تیمارها با افزایش دمای تیمار مقدار مصرف سوخت افزایش یافته است. برای تیمارهای ۵۰، ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درجه ظرف مدت چهار ساعت پس از شروع مصرف سوخت به ترتیب ۲۴، ۲۸، ۳۲، ۳۶،۵ و ۴۰ لیتر بدست آمد. برای آگاهی بهتر از مقدار مصرف سوخت برای کاهش رطوبت محصول اطلاعات مربوطه از داده های جمع آوری شده استخراج و نمودار میزان مصرف سوخت علیه میزان کاهش رطوبت رسم و در شکل ۳ نشان داده شده است. تا زمان کاهش رطوبت تا مرحله ۲۵ درصد روند سوخت در تمامی تیمارها نرخ متعادلی داشته و در تیمارهای گرمتر مقدار مصرف سوخت کمی بیشتر بوده است. از این مرحله به بعد میزان مصرف سوخت به شدت افزایش پیدا میکند و در تیمارهای مختلف این افزایش به صورت متفاوتی ظاهر میگردد. مسلماً از این مرحله به بعد رطوبت سطحی محصول کاهش یافته و انرژی هوا صرف گرم شدن محصول میگردد تا رطوبت را از قسمت های عمیق تر مغز خارج نماید. مشاهده میگردد که در تیمارهای ۶۵ و ۷۰ درجه نرخ مصرف سوخت افزایش بیشتری داشته که در این رابطه همان سخت شدن سطحی عامل مهمی می باشد.



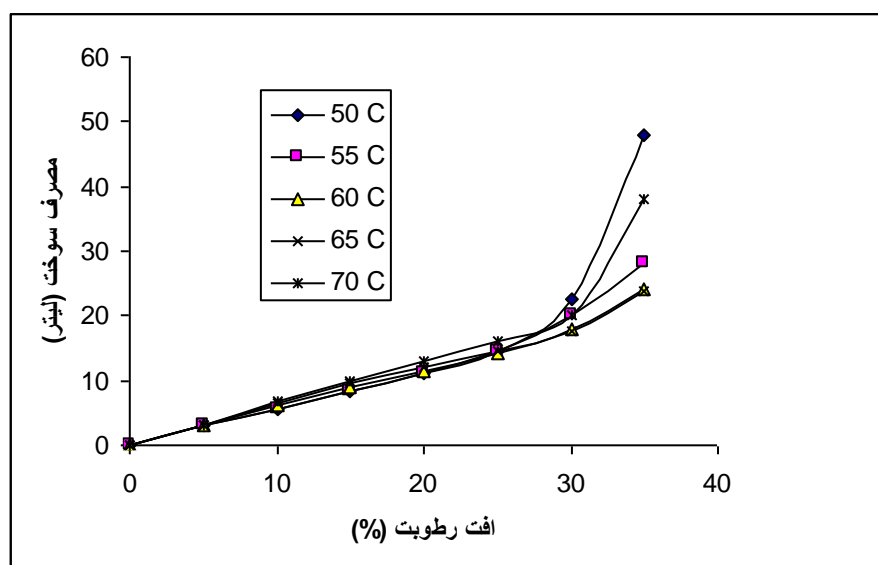
شکل ۳- افزایش مصرف سوخت در دماهای مختلف خشک کن با افزایش زمان

با توجه به وزن تقریبی پسته موجود در مخزن ( $1540 \text{ kg}$ ) برای خشک کردن یک کیلو گرم پسته بطور متوسط مقدار ۴، ۴/۵، ۵، ۵/۵ و ۶/۵ میلی لیتر گازوئیل در ساعت بترتیب برای حرارت های

۵۰، ۵۵، ۶۰، ۶۵ و ۷۰ درجه سانتیگراد مصرف می‌گردد. اطلاعات کلی بدست آمده از آزمایشات در جدول ۱ آمده است. تحلیل کلی نتایج نشان می‌دهند که دمای ۶۵ و ۷۰ برای خشک کردن پسته بالا می‌باشند و خشک کن‌های واگنی تا رسانیدن رطوبت سطحی پسته به حد ۳۰ درصد مقدار مصرف سوخت آنها از یک تابع خطی پیروی می‌کند ولی کاهش رطوبت از این مرحله به بعد با افزایش توانی سوخت روبرو است. همچنین تفاوت نسبتاً زیادی بین دمای بعد از مشعل و دمای میانگین مخزن مشاهده می‌گردد که با افزایش دما این اختلاف بیشتر مشاهده می‌گردد. مسلماً این اختلاف به دلیل از دست رفتن بیش از حد گرما در کانال انتقال می‌باشد. برای کاهش هدر رفتن گرما باید کانال را عایق بندی نمود ولی در هر صورت با افزایش دما این هدر رفتن بیشتر میشود.



شکل ۴- چگونگی از دست دادن رطوبت پسته در دماهای مختلف



شکل ۵- چگونگی مصرف سوخت نسبت به افزایش رطوبت در دماهای مختلف

جدول ۱- نتایج خلاصه بدست آمده از بررسی خشک کن ها

۷۰ درجه	۶۵ درجه	۶۰ درجه	۵۵ درجه	۵۰ درجه	
۱۰	۹/۱	۸	۷	۶	مصرف سوخت در ساعت
۱۸/۸	۱۶/۸	۱۵/۲	۲۰/۱	۲۴/۲	رطوبت بعد از چهار ساعت
۷۱/۵	۶۸/۵	۶۴	۵۹	۵۴/۵	دمای خروجی مشعل
۶۵	۶۲	۵۸	۵۴	۴۸	دمای میانگین مخزن

### منابع

- ۱- گازرحمید رضا و سعید مینایی، ۱۳۸۱، تاثیر پارامترهای دما و سرعت جابجایی هوا بر زمان خشک شدن و شاخص های کیفی پسته. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره ۱۱، جلد ۳.
2. A. Ghazanfari, L. Tabil and S. Sokhansanj. 2003. Evaluating a solar dryer for in-shell drying of split pistachio nuts, *Drying Technology*, 21(7) 1357 – 1368.
3. Sokhansanj S., W. Lang and D.E. Lischynski. 1991. Low temperature drying of wheat with supplement heat. *Canadian Agricultural Engineering*: 33(2); 265- 271.