بررسی خشک کردن دو مرحله‌ای بادام درختی و تاثیر آن بر زمان خشک کردن

بابک بهشتی[۱*]، فائزه مختاری[۲]

۱- استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
beheshti-b@srbiau.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

ایران سومین کشور تولیدکننده بادام در دنیا است. فرآوری مناسب بادام نقش مهمی در صادرات و نگهداری آن دارد. در این تحقیق، خشک‌کردن دومرحله‌ای بادام در خشک‌کن آزمایشگاهی بررسی شد. آزمایش‌ها در چهار سطح تک‌دمایی ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس و شش سطح دو دمایی ۵۰–۶۰، ۵۰–۷۰، ۶۰–۷۰، ۵۰–۸۰، ۶۰–۸۰ و ۷۰–۸۰ و دو سطح سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه با سه تکرار انجام گرفت. منحنی‌های خشک کردن تک دمائی و دو دمائی ترسیم گردید. داده‌های زمان خشک شدن بادام با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه خشک‌کردن یک‌مرحله‌ای و دو مرحله‌ای نشان داد که زمان خشک‌شدن در حالت دومرحله‌ای نسبت به یک‌مرحله‌ای (با دمای دوم)، کاهش می‌یابد. کمترین درصد کاهش زمان مربوط به دمای دومرحله‌ای ۶۰–۷۰ درجه سلسیوس و بیشترین(حدود ۲۵ درصد کاهش) مربوط به دمای دومرحله‌ای ۵۰–۸۰ درجه سلسیوس بود.

واژه‌های کلیدی: بادام، خشک کردن، درصد کاهش زمان، دو مرحله‌ای

مقدمه

بر طبق آمار منتشر شده توسط فائو در سال ۲۰۱۰، ایران با تولید ۱۵۸۰۵۰ تن بادام در سال مقام سوم جهان را به خود اختصاص داده است (FAOSTAT, 2012). به دلیل سطح زیرکشت بیشتر پسته و شرایط استراتژیک آن در ایران، توجه کمتری به بادام شده است. بنابراین تحقیقات انجام شده در مورد آن به‌ویژه در زمینه فرآوری، خشک کردن و انبارداری بسیار کمتر از پسته

بوده است. لذا با پژوهش در زمینه‌های مذکور برای افزایش کیفیت محصول ارائه شده به بازارهای جهانی، می‌توان جایگاه جهانی ایران در تولید این محصول را ارتقا بخشید.

مفهوم خشک کردن دو مرحله‌ای، عملیات کاهش رطوبت در دو مرحله جداگانه است. اولین مرحله خشک کردن با دمای بالا، خشک شدن سریع به منظور کاهش رطوبت از سطح محصول در زمان برداشت است. مرحله دوم خشک کردن رطوبت در مرکز هسته را هدف قرار می‌دهد و آهنگ خشک شدن به میزان قابل توجهی پایین‌تر از مرحله اول خشک کردن است، خشک کردن مرحله دوم در دوره «نرخ نزولی» اتفاق می‌افتد(Srzednicki and Driscoll, 2008). خشک کردن دو مرحله‌ای دارای مزایای: کاهش انرژی مورد نیاز، افزایش ظرفیت سیستم خشک کردن و بهبود کیفیت دانه است(پهلوانزاده، ۱۳۷۸).

تاثیر دمای دو مرحله‌ای و همچنین روش آماده سازی محصول بر روی زمان و آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز مورد بررسی قرار گرفت. خشک کردن به دو صورت، یکی با دمای ثابت ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس و دیگری با دمای دو مرحله‌ای انجام گرفت. در روش دو مرحله‌ای ابتدا نمونه‌ها تحت دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و پس از رسیدن رطوبت محصول به ۵۰ درصد، دما به ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس کاهش پیدا کرد. نتایج بدست آمده نشان داد که پارامترهای دما و آماده‌سازی محصول اثرات بسیار معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن دارند. زمان خشک کردن انگور با دمای دو مرحله‌ای نسبت به خشک کردن با دمای ثابت کمتر شده و در بعضی از روش‌های آماده‌سازی تا ۶۷ درصد کاهش یافت(غلامی پرشکوهی و همکاران، ۱۳۹۰). آزمایشات مشابهی نیز بر روی انگور بیدانه سفید انجام شد. به این صورت که یک بار انگور تحت دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و پس از رسیدن رطوبت محصول به ۵۰ درصد، دما به ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس کاهش پیدا کرد. نتایج به دست آمده نشان داد که پارامترهای دما و آماده‌سازی محصول اثرات معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن دارند. زمان خشک کردن انگور با دمای دو مرحله‌ای نسبت به خشک کردن با دمای ثابت کمتر شده و در بعضی از آماده‌سازی‌ها تا ۶۱ درصد کاهش یافت (غلامی پرشکوهی و همکاران، ۱۳۸۸). در آزمایشی اثر خشک کردن ذرت، برنج و گندم به صورت دو مرحله‌ای بررسی شد. در مرحله اول سیستم خشک کردن دو مرحله‌ای، دانه‌های با رطوبت بالا به وسیله هوا با دمای بالا و سرعت زیاد تا سطح رطوبت متوسط (حدود ۱۸ درصد) خشک شد. پس از آن در مرحله دوم خشک کردن، دمای هوای محیط و سرعت جریان هوا به منظور کاهش رطوبت دانه تا سطح ایمن (حدود ۱۵-۱۳ درصد بر پایه تر) کم شد. نتایج نشان داد خشک کردن دو مرحله‌ای، یک روش کارآمد برای خشک کردن ذرت، برنج و گندم است، زیرا زمان خشک کردن کاهش می‌یابد و اثر قابل توجهی بر کیفیت دانه از نظر درصد جوانه زنی دارد(Jittanit, 2007). تحقیقی بر روی اثر پارامترهای دما در چهار سطح ۴۰، ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سلسیوس، سرعت جابجایی هوا در دو سطح ۱ و ۲ متر بر ثانیه و عمق بستر تک لایه برای تعیین بهترین مدل

مناسب خشک کردن بادام انجام گرفت. نتایج نشان داد که بهترین مدل که سینتیک خشک کردن بادام را توصیف می‌کند، مدل میدلی بود(Beheshti *et al.*, 2005). بررسی‌های صورت گرفته بر روی اثر پارامترهای دما در چهار سطح ۴۰، ۵۵، ۷۰ و ۸۵ درجه سلسیوس، سرعت جابجایی هوا در دو سطح ۱ و ۲ متر بر ثانیه و عمق بستر در سه سطح تک لایه، ۱۲ و ۲۴ سانتی متر بر روی زمان خشک کردن و خواص کیفی محصول که شامل رنگ و چروکیدگی، عدد پراکسید و درصد اسیدهای چرب آزاد بادام کامل و مغز بادام و همچنین اثر توأم بلانچینگ روی مغز و متغیرهای دما و سرعت بر روی خواص کیفی ذکر شده، نشان داد که دما، عمق بستر و سرعت جابجائی هوا تاثیر بسیار معنی‌داری بر روی زمان خشک کردن بادام در تمام شرایط دارد. بیشترین تاثیر را به ترتیب دما، عمق بستر و سرعت جابجایی هوا بر روی زمان خشک کردن داشتند(بهشتی، ۱۳۸۴). تحقیقی برای تعیین ضریب نفوذ موثر و انرژی فعالیت پسته طی فرآیند خشک کردن بستر سیال، صورت گرفت. بدین منظور مهم‌ترین پارامترهای موثر در فرآیند خشک کردن یعنی دمای هوا (در چهار سطح مختلف ۲۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه سلسیوس) و سرعت جریان هوا (در سه سطح ۶، ۸ و ۱۰ متر بر ثانیه) بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان داد که دما و سرعت جریان هوا بر زمان خشک شدن پسته به طور قابل توجهی اثرگذار بوده، ضمن این که تاثیر دما به مراتب نسبت به سرعت جریان هوا بیشتر است(محمدپور و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به مطالب ارائه شده، این تحقیق به منظور تعیین میزان کاهش زمان خشک کردن دو مرحله‌ای بادام در چهار سطح تک‌دمایی ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس و شش سطح دو دمایی ۵۰–۶۰، ۵۰–۷۰، ۶۰–۷۰، ۵۰–۸۰، ۶۰–۸۰ و ۷۰–۸۰ و دو سطح سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه در سه تکرار انجام گرفت.

مواد و روش ها

در این تحقیق از بادام رقم مامائی که از منطقه کوشکک از توابع شهرستان ساوه تهیه گردید، استفاده شد. نمونه‌ها پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل گردید و در آنجا به صورت دستی، پوسته سبز بادام از محصول جدا شد و برای جلوگیری از کپک زدگی در یخچال در دمای ۲+ نگهداری گردید (Ozdemir and Devres, 1999). در این حالت رطوبت کل بادام حدود ۳۴٪ بر پایه خشک بود. آزمایشات در چهار سطح تک‌دمایی ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس و شش سطح دو دمایی ۵۰–۶۰، ۵۰–۷۰، ۶۰–۷۰، ۵۰–۸۰، ۶۰–۸۰ و ۷۰–۸۰ و دو سطح سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه در سه تکرار به صورت لایه نازک انجام گرفت و نتایج به وسیله آزمایش فاکتوریل و طرح بلوک کامل تصادفی، به وسیله نرم افزار SPSS 21 تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

برای انجام عملیات خشک کردن از یک دستگاه خشک‌کن ثابت آزمایشگاهی مستقر در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس استفاده گردید. اجزای اصلی این خشک‌کن عبارت بود از: یک دمنده گریز از مرکز برای تامین جریان هوا، ۸ المنت گرم

کننده هوا(هر یک با توان حرارتی ۱۳۰۰ وات)، محفظه خشک‌کن (محل قرارگیری نمونه‌ها که محفظه‌ای توری با قطر داخلی ۱۴/۴ سانتی متر بود و هوای داغ از زیر آن به محصول می‌رسید) و سیستم کنترل که سرعت دمنده و دمای هوای ورودی را تنظیم می‌کرد.

برای تعیین وزن نمونه‌ها در طول مدت آزمایش از ترازوی دیجیتال مارک Sartorius مدل TE3102S با دقت ۰/۰۱ g± استفاده شد. بدین منظور هر ۱۵ دقیقه یکبار، نمونه‌ها از خشک کن خارج و توزین می‌شدند. از این داده‌ها جهت ترسیم منحنی خشک شدن بادام استفاده گردید. در خشک کردن دو مرحله‌ای نمونه‌ها ابتدا تا رسیدن به ۵۰٪ رطوبت اولیه(غلامی پرشکوهی و همکاران، ۱۳۹۰) یعنی ۱۷٪ در دمای اول (بیشتر) خشک شدند، سپس دمای هوای ورودی به مقدار دمای دوم (کمتر) کاهش داده شد و فرآیند خشک کردن تا رسیدن به رطوبت ۷٪ بر پایه خشک ادامه پیدا کرد.

برای مقایسه زمان خشک کردن بین دمای تک مرحله‌ای و دمای دو مرحله‌ای، از درصد کاهش زمان استفاده شد که از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\text{درصد کاهش زمان} = \frac{x-y}{x} \quad (۱)$$

که در آن: x، زمان خشک شدن تک مرحله‌ای با دمای پائین‌تر و y، زمان خشک شدن دو مرحله‌ای، می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس زمان خشک شدن بادام در جدول (۱) آمده است. تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده نشان داد که پارامترهای دما و سرعت جریان هوا اثرات معنی‌داری در سطح ۵ درصد روی زمان خشک کردن دارند. به دلیل افزایش دما، رطوبت سریع‌تر از ماده خارج می‌شود، لذا زمان رسیدن به رطوبت مورد نظر کاهش می‌یابد. به همین دلیل تغییر پارامتر دما اثر معنی‌داری بر زمان خشک شدن دارد. نتایج به دست آمده از خشک کردن پسته (محمدپور و همکاران، ۱۳۸۶) و بادام (Beheshti *et al.*, 2005) نیز اثرگذاری دما و سرعت جریان هوا بر زمان خشک شدن را گزارش کرده‌اند. همچنین نتایج جدول (۱) نشان می‌دهد که اثر متقابل بین پارامتر دما و سرعت جریان هوا بر زمان خشک شدن معنی‌دار نمی‌باشد، در واقع دما و سرعت هوا هر کدام به‌طور مستقل بر زمان تاثیر می‌گذارند و به این ترتیب، سرعت هوا و دما تاثیری بر روی یکدیگر ندارند و اثر آنها جمع‌پذیر است. آزمون دانکن برای هر یک از تیمارها به منظور تعیین اثر جداگانه آن‌ها بر زمان خشک شدن، انجام گرفت. با توجه به مقایسه میانگین‌های انجام شده، افزایش دما موجب تسریع زمان خشک شدن بادام و کاهش معنی‌دار آن می‌شود. همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، کمترین زمان خشک شدن مربوط به دمای ۸۰ درجه سلسیوس و بیشترین زمان خشک شدن در دمای ۵۰ درجه

سلسیوس می‌باشد. هم‌گروه بودن میانگین‌ها در دماهای ۵۰–۸۰ و ۶۰–۸۰ نیز قابل توجه می‌باشد که نشان دهنده عدم تفاوت زمان خشک شدن در این دماها می‌باشد. احتمالا این مسئله به دلیل تفاوت اندک دماهای مرحله دوم می‌باشد که تاثیر چشمگیری بر خارج کردن رطوبت پیوندی از بادام نداشته است. مشابه این رویداد در دماهای ۶۰، ۶۰–۷۰ و ۵۰–۷۰ نیز مشاهده می‌شود.

جدول(۱): تجزیه واریانس داده‌های زمان خشک شدن بادام

منابع تغییر	درجه آزادی	SS	MS	مقدار F
تیمار	۲۱	۲۴۱۵۳۰۳/۱۵۰	۱۱۵۰۱۴/۴۳۶	۲۶۴/۷۰۵*
بلوک	۲	۴۷۱/۶۳۳	۲۳۵/۸۱۷	۰/۵۴۳n.s
دما	۹	۲۳۵۶۶۹۸/۳۵۰	۲۶۱۸۵۵/۳۷۲	۶۰۲/۶۵۸*
سرعت هوا	۱	۵۱۴۵۰/۸۱۷	۵۱۴۵۰/۸۱۷	۱۱۸/۴۱۴*
سرعت هوا × دما	۹	۶۶۳۲/۳۵۰	۷۴۲/۴۸۳	۱/۷۰۹n.s
خطا	۳۸	۱۶۵۱۱/۰۳۳	۴۳۴/۵۰۱	
کل	۵۹	۲۴۳۱۸۱۴/۱۸۳		

*= وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد ns= عدم وجود اختلاف معنی دار

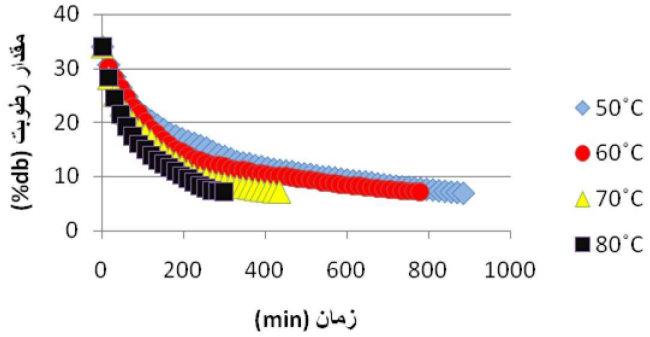
شکل‌های (۱) و (۲) نمودارهای خشک شدن بادام با دمای یک مرحله‌ای و سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد. تمامی آزمایش‌ها تا رسیدن رطوبت نمونه به ۷٪ برمبنای وزن خشک ادامه پیدا کرد. همان‌طور که در شکل‌ها دیده می‌شود، با افزایش دما، نمودار به سمت چپ منتقل می‌شود و شیب نمودار بیشتر می‌شود. این مساله ناشی از تاثیر دما بر زمان خشک شدن بادام است. دمای هوای خشک‌کننده از مهم‌ترین عوامل موثر بر زمان و نمودار خشک شدن می‌باشد. هرچه دما افزایش یابد، زمان خشک شدن تا رسیدن به سطح رطوبت ایمن کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش دما، شیب منحنی در زمان ثابت، افزایش می‌یابد. این مساله به دلیل کاهش مقدار رطوبت نمونه در زمان کمتر، نسبت به دمای پایین‌تر است. به عبارت دیگر افزایش شیب یا ضریب زاویه منحنی خشک کردن در هر لحظه، به دلیل افزایش آهنگ یا سرعت خشک شدن در دمای بالاتر می‌باشد. هر چه دما افزایش یابد، آهنگ خشک کردن نیز افزایش پیدا می‌کند. این مساله با نتایج خشک کردن بادام که توسط بهشتی (۱۳۸۴) انجام گرفت، مطابقت دارد. شکل (۳) خشک شدن بادام در دمای دو مرحله‌ای ۵۰–۸۰ درجه سلسیوس و سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه را نشان می دهد. در شکل (۳) درصد رطوبت هر دما به صورت جداگانه و با علامت مشخص ترسیم شده است. با توجه به شکل (۳) دیده می شود که با افزایش سرعت هوا شیب نمودار افزایش یافته و زمان خشک شدن نیز کاهش پیدا کرده است، که این تغییر در

مرحله اول به وضوح قابل مشاهده است. افزایش سرعت هوا در جابجایی و دور شدن بخار آب از بالای سطح محصول موثر بوده و میزان رطوبت در بالای محصول را کاهش می‌دهد. هرچه هوای مجاور محصول خشک‌تر باشد، تبخیر از سطح محصول بیشتر اتفاق می‌افتد. این روند در سایر دماهای دو مرحله‌ای نیز دیده می‌شود. نتایج خشک کردن بادام (بهشتی، ۱۳۸۴) و پسته (محمدپور و همکاران، ۱۳۸۶) نیز نشان داد که افزایش سرعت هوا، زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد شکل‌های (۴) الی (۸) خشک شدن در دماهای دو مرحله‌ای ۵۰–۷۰، ۵۰–۶۰، ۶۰–۸۰، ۶۰–۷۰ و ۷۰–۸۰ درجه سلسیوس را نشان می‌دهد.

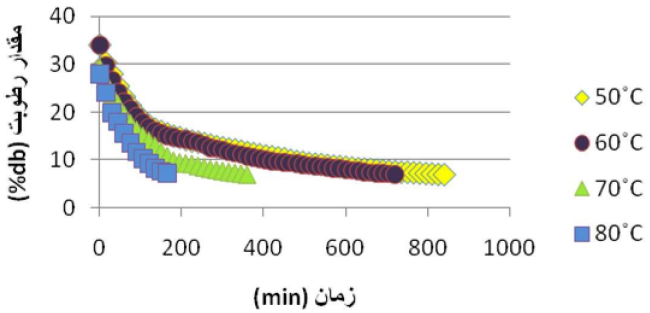
جدول (۲): مقایسه میانگین‌های زمان خشک شدن بادام

دما ($^{\circ}C$)	تعداد	میانگین زمان (min)
۸۰	۶	۲۳۰/۰۰ A
۸۰–۷۰	۶	۳۴۷/۵۰ B
۷۰	۶	۳۸۲/۵۰ C
۸۰–۵۰	۶	۶۶۵/۰۰ D
۸۰–۶۰	۶	۶۵۹/۶۷ D
۷۰–۶۰	۶	۷۱۷/۵۰ E
۶۰	۶	۷۲۵/۰۰ E
۷۰–۵۰	۶	۷۳۰/۰۰ E
۶۰–۵۰	۶	۷۸۰/۰۰ F
۵۰	۶	۸۴۵/۰۰ G

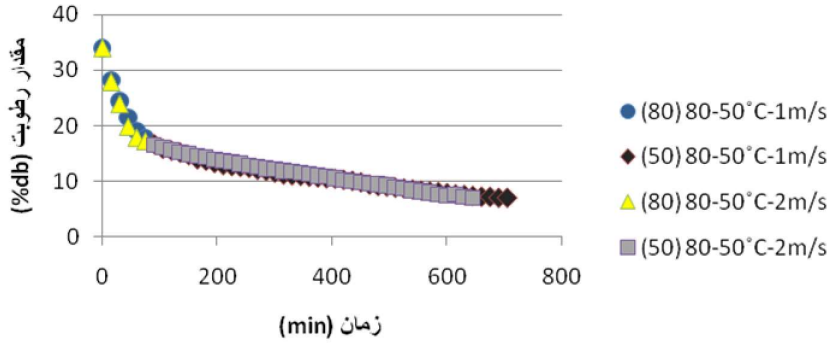
حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین میانگین‌ها، در آزمون دانکن است.



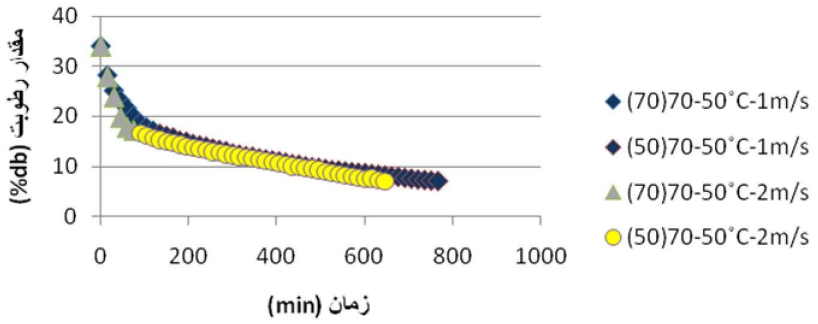
شکل (۱): نمودار خشک شدن بادام در دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس و سرعت هوای ۱ متر بر ثانیه



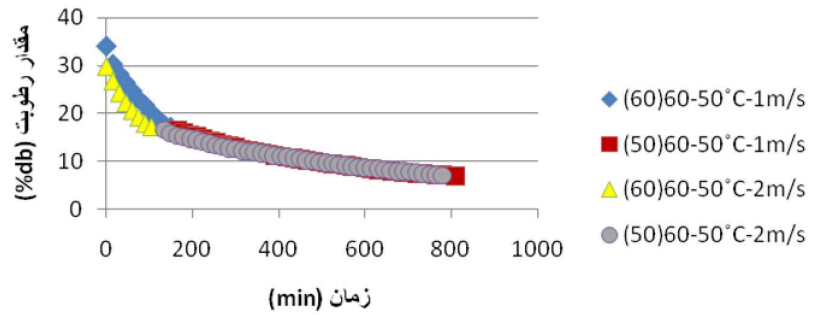
شکل (۲): نمودار خشک شدن بادام در دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس و سرعت هوای ۲ متر بر ثانیه



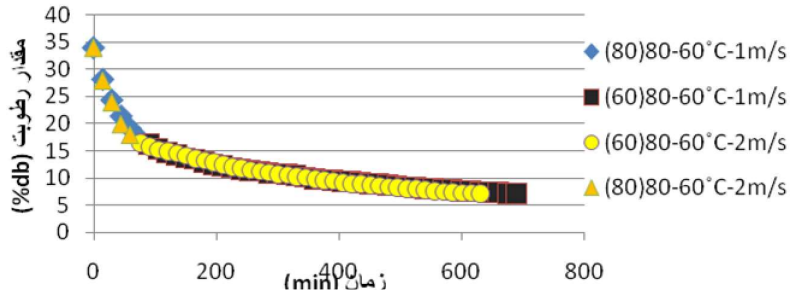
شکل (۳): نمودار خشک شدن بادام با دمای دومرحله‌ای ۵۰–۸۰ درجه سلسیوس در سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه



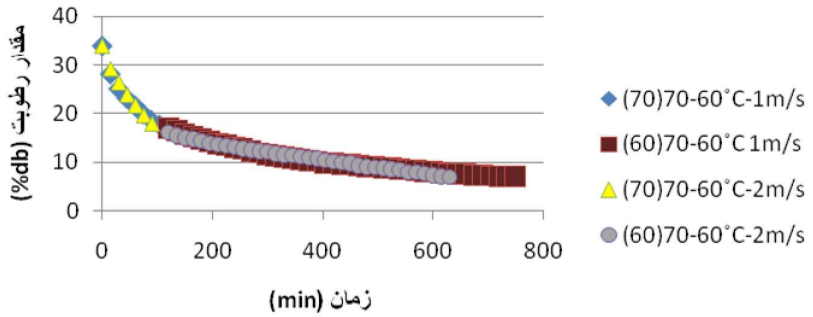
شکل (۴): نمودار خشک شدن بادام با دمای دومرحله‌ای ۵۰–۷۰ درجه سلسیوس در سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه



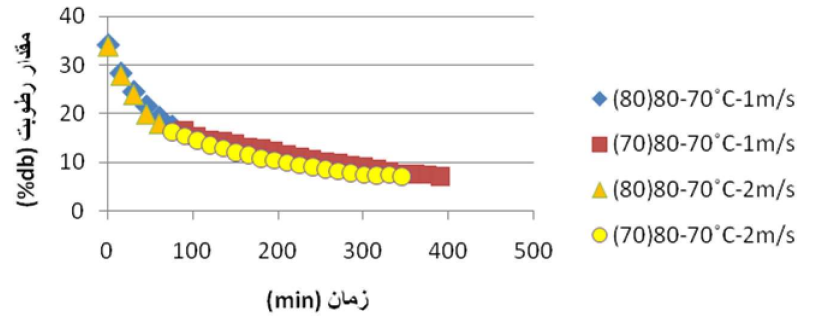
شکل (۵): نمودار خشک شدن بادام با دمای دومرحله‌ای ۵۰–۶۰ درجه سلسیوس در سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه



شکل (۶): نمودار خشک شدن بادام با دمای دومرحله‌ای ۶۰–۸۰ درجه سلسیوس در سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه



شکل (۷): نمودار خشک شدن بادام با دمای دومرحله‌ای ۶۰–۷۰ درجه سلسیوس در سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه



شکل (۸): نمودار خشک شدن بادام با دمای دومرحله‌ای ۷۰–۸۰ درجه سلسیوس در سرعت هوای ۱ و ۲ متر بر ثانیه

بررسی درصد کاهش زمان خشک شدن

نتایج تجزیه واریانس درصد کاهش زمان در خشک‌کردن‌های دو مرحله‌ای در جدول (۳) آمده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تاثیر دما بر درصد کاهش زمان در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. پس خشک شدن با دمای دو مرحله‌ای، زمان خشک شدن را در مقایسه با خشک شدن در دمای تک مرحله‌ای (با دمای دوم) کاهش می‌دهد. پارامتر سرعت هوا و اثرمتقابل دما و سرعت هوا بر زمان خشک شدن معنی‌دار نمی‌باشد. بدین معنی که تغییر در سرعت جریان هوای ورودی تاثیر قابل توجهی در فرآیند خشک کردن دو مرحله‌ای ندارد. مقایسه میانگین‌های درصد کاهش زمان در جدول (۴) قابل مشاهده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، میانگین درصد کاهش زمان در دماهای دو مرحله‌ای ۶۰–۷۰ و ۵۰–۸۰ متفاوت از سایر دماها بوده و به ترتیب دارای کمترین و بیشترین درصد کاهش زمان می‌باشند. در دمای دو مرحله‌ای ۵۰–۸۰ درجه سلسیوس، ۲۵ درصد کاهش زمان

نسبت به دمای تک مرحله‌ای ۵۰ درجه سلسیوس مشاهده می‌شود. نظیر این نتایج قبلا در آزمایش های خشک کردن دو مرحله ای انگور بیدانه قرمز (غلامی پرشکوهی و همکاران، ۱۳۹۰) و انگور بیدانه سفید (غلامی پرشکوهی و همکاران، ۱۳۸۸) به دست آمده بود. میانگین درصد کاهش زمان در بقیه دماهای دو مرحله‌ای نزدیک به هم بوده و تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند.

جدول (۳): تجزیه واریانس داده‌های درصد کاهش زمان خشک شدن بادام

منابع تغییر	درجه آزادی	SS	MS	مقدار F
تیمار	۱۳	۱۲۳۷/۲۸۲	۹۵/۱۷۶	۸/۰۱۲*
بلوک	۲	۸/۵۷۳	۴/۲۸۶	۰/۳۶۱n.s
دما	۵	۱۱۴۹/۳۵۴	۲۲۹/۸۷۱	۱۹/۳۵۲*
سرعت هوا	۱	۷/۶۳۶	۷/۶۳۶	۰/۶۴۳n.s
سرعت هوا × دما	۵	۷۱/۷۲۰	۱۴/۳۴۴	۱/۲۰۸n.s
خطا	۲۲	۲۶۱/۳۲۶	۱۱/۸۷۸	
کل	۳۵	۱۴۹۸/۶۰۸		

*= وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد ns= عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول (۴): مقایسه میانگین‌های درصد کاهش زمان خشک شدن بادام

دما (°C)	تعداد	میانگین درصد کاهش زمان
۷۰-۶۰	۱۰	۶/۶A
۶۰-۵۰	۱۰	۱۱/۳B
۸۰-۷۰	۱۰	۱۲/۵BC
۸۰-۶۰	۱۰	۱۳/۷BC
۷۰-۵۰	۱۰	۱۶/۸C
۸۰-۵۰	۱۰	۲۵/۰D

حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد بین میانگین ها در آزمون دانکن است.

نتیجه‌گیری کلی

– منحنی‌های خشک شدن تک دمائی و دو دمائی بادام ترسیم گردید.

– در فرآیند خشک کردن بادام به صورت تک دمایی، اثر دما و سرعت بر روی زمان خشک شدن معنی‌دار بود. بیشترین زمان خشک شدن مربوط به دمای تک مرحله‌ای ۵۰ درجه سلسیوس و کمترین آن، مربوط به دمای تک مرحله‌ای ۸۰ درجه سلسیوس بود.

– در فرآیند خشک کردن دو مرحله‌ای بادام، فقط اثر دما معنی‌دار بود. بدین معنی که استفاده از دو دمای متفاوت، زمان خشک کردن را نسبت به دمای دوم در حالت یک مرحله‌ای کاهش می‌دهد. کمترین درصد کاهش زمان مربوط به دمای دو مرحله‌ای ۶۰–۷۰ درجه سلسیوس و بیشترین آن مربوط به دمای دو مرحله‌ای ۵۰–۸۰ درجه سلسیوس بود. به طوری که درصد کاهش زمان در خشک کردن دو مرحله‌ای با دمای ۵۰–۸۰ درجه سلسیوس، ۲۵ درصد، زمان خشک شدن را نسبت به دمای ۵۰ درجه سلسیوس کاهش داد.

منابع:

– بهشتی، ب. ۱۳۸۴. مطالعه و ارزیابی فرآیند خشک کردن و ارائه مدل‌های مناسب رطوبت تعادلی بادام. رساله دکتری. گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات تهران.

– پهلوانزاده، ح. ۱۳۷۸. پتانسیل‌های صرفه جوئی مصرف انرژی در فرآیند های خشک کردن. دومین همایش ملی انرژی. تهران. کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران. معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو.

– غلامی پرشکوهی، م.، رشیدی، م.، رنجبر، ا.، عباسی، س. ۱۳۹۰. تاثیر روش‌های آماده‌سازی و آبگیری بر سرعت و زمان خشک شدن انگور بیدانه قرمز. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. جلد ۸. شماره ۱: ۴۷–۳۹.

– غلامی پرشکوهی، م.، رشیدی، م.، بهشتی، ب.، عباسی، س. ۱۳۸۸. تاثیر دمای دومرحله‌ای و روش آماده‌سازی در فرآیند خشک شدن انگور بیدانه سفید. فصلنامه علمی و پژوهشی گیاه و زیست بوم. جلد ۵. شماره ۲۰: ۶۹–۵۵.

– محمدپور، و.، حامدموسویان، م. ت.، اعتمادی، ا. ۱۳۸۶. تعیین ضریب نفوذ موثر و انرژی فعالیت پسته طی فرآیند خشک کردن بستر سیال. اولین همایش ملی فرآوری و بسته‌بندی پسته. دانشگاه فردوسی مشهد.

Beheshti, B., Khoshtaghaza M.H., Bassiri, A., Minaee, S. 2005. Selection of a suitable Thin Layer Drying Model for Almond. IV International Symposium on Pistachios & Almonds. 22-25 May. Tehran. Iran.

FAOSTAT. 2012. Production Crops. Available from: http://faostat.fao.org. Accessed 14 July 2012.

Jittanit, W. 2007. Modelling of seed drying using a two-stage drying concept. A thesis submitted for the degree of Doctor of Chemical Sciences and Engineering. The University of New South Wales.

Ozdemir, M., Devres, O. 1999. Turkish hazelnuts: Properties and effects of microbiological and chemical changes on quality. Food and Science Technology Research Institute. Istanbul. Turkey.

Srzednicki, G., Driscoll, R. H. 2008. Using Food Science and Technology to Improve Nutrition and Promote National Development. Published by International Union of Food Science & Technology (IUFoST).

Investigation of Two-Stage Drying of Almond and its Influence on Drying Time

Babak Beheshti[1*], Faezeh Mokhtari

1- Assistant Professor, Department of Mechanics of Agricultural Machinery, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Beheshti-b@srbiau.ac.ir

2- M. Sc. of Agricultural Mechanization, Department of Agricultural Mechanization, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Iran is 3th Almond producer country in the world. Suitable processing of Almond is important for its export and maintenance. In this Research, two-stage drying of almond in laboratory drier was investigated. The experiments were carried out at four constant drying temperatures (50, 60, 70 and 80°C) and at six two-stage drying temperatures (80-70, 80-60, 80-50, 70-60, 70-50 and 60-50°C) and two levels of drying air velocity (1 and 2 ms^{-1}) with three replicatio . Drying curves of constant and two-stage drying temperatures were draw . Drying time data were analyzed based on factorial experiment by randomized complete block design. Comparison of constant and two-stage drying temperature showed, drying time of two-stage drying temperature was reduced. The least percentage of drying time reduction was for 70-60°C two-stage drying temperature and the most was for 80-50°C.

Keywords: Almond, drying, time reduction, two-stage