فرایند خشک شدن انگور بیدانه سفید در دمای دو مرحله ای

محمد غلامی پرشکوهی
استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
Gholamihassan@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق تاثیر دمای دو مرحله‌ای و همچنین روش آماده‌سازی محصول بر روی زمان و آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید مورد بررسی قرار گرفت. خشک شدن به دو صورت انجام گرفت یکی با دمای ثابت ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد و دیگری با دمای دو مرحله‌ای. برای انجام کار ابتدا نمونه‌ها تحت دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از رسیدن رطوبت محصول به ۵۰ درصد، دما به ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا کرد. روش آماده‌سازی محصول نیز در چهار سطح بدون آماده‌سازی، آماده سازی با آب داغ، آماده سازی با کربنات پتاسیم ۵٪ و ۰/۴٪ روغن زیتون و آماده سازی با هیدروکسید سدیم ۰/۵٪ انجام گرفت.نتایج بدست آمده نشان داد که پارامترهای دما و آماده سازی محصول اثرات معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن دارند. زمان خشک کردن انگور با دمای دومرحله ای نسب به خشک کردن با دمای ثابت کمتر شده و در بعضی از آماده سازی ها تا ۶۱ درصد کاهش می یابد. بیشترین و کمترین انرژی فعالسازی نیز به ترتیب بین ۴۰۶۵/۶ و ۳۰۱۵/۸ کیلوژول بر کیلو گرم تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: آماده‌سازی، انرژی فعال‌سازی، انگور، دمای دومرحله‌ای، خشک کردن.

مقدمه

درخت انگور که در ایران به نامهای مو یا تاک شناخته می‌شود بیش از ده گونه مختلف دارد که از آن میان سه واریته مهم که بیشتر از بقیه هستند عبارتند از انگور بیدانه سفید[1]، انگور بیدانه قرمز[2] و موسکای اسکندریه[3]. یکی از فراورده‌های مهمی که از انگور تهیه می‌شود کشمش است. این محصول در صادرات خشکبار کشور دارای سهم مهمی می‌باشد. نظر به اهمیت کشمش در صادرات، تعیین بهترین روش تهیه و تولید این محصول و عوامل مؤثر در مرغوبیت و ارتقای کیفیت آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است(ضرابی، ۱۳۷۷).

[1] - Thompson seedless
[2] - Black currant
[3] - Muscat of Alexandariun

برای تهیه سریع کشمش با کیفیت بهتر که عاری از مواد زائد باشد، از دستگاه‌های خشک‌کن استفاده می‌شود که از آن میان خشک‌کن‌های هدایتی اجباری (خشک‌کن با جریان هوای داغ) و خشک‌کن‌های خورشیدی برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای کوتاه کردن مدت زمان خشک شدن و بالا بردن کیفیت کشمش حاصله، باید فرایند خشک‌کردن بهینه‌سازی شده و خشک‌کن‌های مربوطه طراحی و ساخته و یا بهینه‌سازی شوند. در این میان پارامترهای مختلفی چون دما، سرعت جابجایی هوای گرم و روش آماده‌سازی بر کیفیت و زمان خشک شدن انگور تاثیر می‌گذارند که بسته به رقم و شرایط محیطی منطقه، شدت اثرات این پارامترها متفاوت می‌باشد. بررسی پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوا و روش آماده سازی بر زمان و آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید انجام شد. نتایج نشان داد که پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوا و آماده سازی محصول اثرات معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن دارند. تاثیر روش آماده سازی بر فرایند خشک شدن انگور بسیار زیاد می‌باشد و در برخی دماها، زمان خشک شدن را تا ٦٩٪ کاهش می‌دهد. افزایش دما نیز در برخی از روش‌های آماده‌سازی تا ٦٦٪ زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. افزایش سرعت جابجایی هوای گرم نیز می‌تواند تا حدود ٨/٦٪ زمان خشک شدن محصول را کاهش دهد(غلامی پرشکوهی و همکاران، ١٣٨٦). اثر تیمارهای آماده‌سازی بر روی شدت خشک‌کردن انگور بی‌دانه توسط دویماز و پالا بررسی گردید. نتیجه آزمایشات نشان داد که آهنگ خشک‌شدن انگور در تیمار محلول کربنات پتاسیم (٠/٥ کیلوگرم در ١٠ لیتر آب) و ٠/٢ کیلوگرم اتیل‌اولئات در دمای محیط و به مدت یک دقیقه، بیشتر از سایر تیمارها بود(Doymaz et al, 2002). وازکوز و همکاران، آهنگ خشک شدن انگور (رقم Muscatel) را در دمای ٦٠ درجه‌سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٢٢ درصد با روشهای آماده‌سازی مختلف تعیین نمودند. آنها نتیجه گرفتند که آماده‌سازی در مدت زمان ٣ دقیقه همراه محلول ٧ درصد کربنات پتاسیم و روغن زیتون ٠/٤ درصد در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد مدت زمان خشک‌کردن را از ٨٠ به ٢٠ ساعت کاهش می‌دهد. در این تحقیق مقدار ضریب نفوذ در محدوده $(1/2-2/8)\times10^{-10}\ m^2s^{-1}$ تعیین شد(Vazquez et al, 2000).

در این تحقیق تاثیر پارامترهای دما ، دمای دومرحله ای (پله‌ای) و روش آماده‌سازی محصول بر زمان و آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و مقادیر ضریب نفوذ و انرژی فعالسازی تعیین شده است. همچنین زمان خشک شدن انگور در دمای ثابت و دمای دومرحله‌ای مورد بررسی قرار گرفته است.

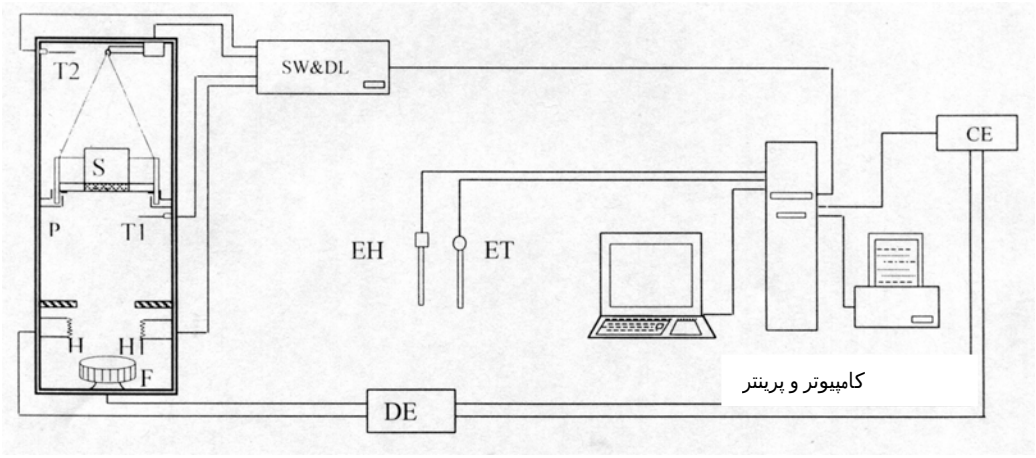
مواد و روشها

مواد

آزمایشها بر روی انگور بیدانه سفید (محصول منطقه تاکستان قزوین) انجام شد. رطوبت اولیه انگور در حدود (٧٥-٧٠) درصد بر پایه تر و قطر دانه‌های آن در حدود(١/٣-١/١) سانتی‌متر بود. درصد قند متوسط انگور نیز ٢٦/١٦ درصد بود. انگورها در سردخانه و دمای حدود ١ ± ٤ درجه سانتی‌گراد در مدت آزمایش نگهداری شدند. برای انجام عملیات خشک کردن از سه عدد خشک‌کن آزمایشگاهی ثابت (از نوع کیلن[1]) استفاده گردید. این خشک‌کن‌ها ساخت کشور ایران بوده و در مجتمع تحقیقاتی عصر انقلاب (سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران) قرار دارند(شکل ١). خشک‌کن‌های مورد استفاده برای خشک کردن میوه‌ها و سبزیجات مناسب بوده و دارای یک صفحه مشبک می‌باشند که جریان هوا به صورت متقاطع و از زیر به محصول در حال خشک‌شدن برخورد می‌نماید. ابعاد هر کدام از خشک‌کن‌ها عبارت است از طول و

[1] - Kiln Dryer

عرض ٤٠ سانتی‌متر و ارتفاع ١٦٥ سانتی‌متر. قسمت نمونه‌گیر دارای حدود ١٠٠ سانتی‌متر فاصله از کف دستگاه و حدود ٦٠ سانتی‌متر فاصله تا سقف خشک‌کن بود. هر کدام از این خشک‌کنها دارای دو منبع حرارتی مستقل می‌باشند که یکی به وسیله کامپیوتر و دیگری بصورت دستی کنترل می‌گردد. جریان هوا توسط یک دمنده که در زیرالمنتها قرار دارد کنترل می‌شود. میزان هوا دهی این دمنده‌ها در محدوده ٢٢٠-١٨٠ متر مکعب بر ساعت توسط یک دیمر[1] قابل تنظیم می‌باشد. در فاصله ای حدود ٤٠ سانتی‌متر بالاتر از ظرف نمونه، دریچه‌هایی برای خروج هوای مرطوب تعبیه شده است. برای اندازه‌گیری دما دو حسگر دما در قسمت زیرین و رویی سطح حامل نمونه تعبیه شده است و دمای هوا را قبل و بعد از تماس با نمونه‌های آزمایش اندازه‌گیری می‌نماید. برای اندازه‌گیری سرعت جابجایی هوای گرم در خشک‌کن از دستگاه سرعت‌سنج هوا[2] مدل AM-4201 شرکت لوترون[3] استفاده شد. این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری سرعت عبور هوا تا ٢٠ متر بر ثانیه را دارا می‌باشد. برای تنظیم سرعت هوای ورودی، ابتدا پروانه دستگاه سرعت سنج هوا در محل عبور هوا قرار داده و سرعت عبور هوا توسط دستگاه قرائت می شد. پس از آن با استفاده از دیمر مربوطه به دمنده دستگاه خشک‌کن، سرعت عبور هوا به میزان دلخواه تنظیم می‌شد. با استفاده از دماسنج و رطوبت سنج مدل HT-3003 شرکت لوترون در طول آزمایشات تغییرات دمای آزمایشگاه و رطوبت نسبی هوای محیط اندازه‌گیری شد. وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز علاوه بر وسایل معمول، عبارت بودند از آون خلاء با قابلیت ایجاد فشار مطلق تا ١٥٠ میلی بار، دماسنج جیوه‌ای، پتری‌دیش، ظروف پلاستیکی و هیتر برقی. مواد شیمیایی مورد نیاز عبارتند از: کربنات پتاسیم، هیدروکسید سدیم و روغن زیتون.



شکل (١)- طرح خشک کن آزمایشگاهی(ضرابی، ١٣٧٧)

در این شکل:

(F) فن. (H) مولد گرما. (S) صفحه مشبک حامل نمونه. (T_1) دماسنج قبل از صفحه مشبک حامل نمونه. (T_2) دماسنج بعد از صفحه مشبک حامل نمونه. (SW) کلید های فرمان. (DL) ثبات داده‌ها (دیتالاگر). (CE) سیستم کنترل الکترونیکی. (DE) سیستم راه‌انداز الکترونیکی. (EH) حسگر اندازه‌گیری رطوبت محیط. (ET) حسگر اندازه‌گیری دمای محیط.

[1] -Dimmer
[2] - Anemometer
[3] - Lutron

روشها

آزمایشات خشک‌کردن

در این تحقیق اثر عوامل مختلف شامل آماده‌سازی و دمای هوای گرم خشک‌کن، بر انگور بیدانه سفید مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل، آماده‌سازی در ٤ سطح و دما در ۷ سطح بود. سرعت هوای خشک کردن نیز ۲ متر بر ثانیه بود. تیمارهای آماده‌سازی بکار گرفته‌شده عبارتند از:

۱-تیمار شاهد (بدون آماده‌سازی)(P_1)۲- تیمار آب داغ در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۵۰ ثانیه [P_2](رامهرمزیان، ۱۳۷۹). ۳- تیمار کربنات پتاسیم ۵ ٪ و ۰/٤ ٪ روغن زیتون در دمای محیط و زمان ۵ دقیقه [P_3](ضرابی، ۱۳۷۷). ٤- تیمار هیدروکسید سدیم ۰/۵ ٪ در دمای ۹۳ درجه سانتی‌گراد و زمان ۵ ثانیه و شستشو با آب سرد حدود ۵ دقیقه [P_4] (Pangavhane et al, 1999).

متغیر دمای خشک‌کن به دو صورت، یکی با دمای ثابت در چهار سطح ۵۰، ٦۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد و دیگر با دمای دو مرحله‌ای بود. برای انجام این کار ابتدا نمونه‌ها تحت دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس بعد از رسیدن رطوبت محصول به حدود ۵۰ درصد، دما به ۷۰، ٦۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد (در آزمایش های جداگانه) کاهش پیدا کرد. پس از آماده سازی، انگورها به مدت ۲ ساعت در دمای محیط قرار داده شدند تا به حالت تعادل با محیط برسند. سپس حدود ۱۲۵-۱۲۰ گرم از هر نمونه را بر روی سینی های خشک کن به صورت تک لایه قرار داده و سینی‌ها در داخل خشک‌کن گذاشته شدند. عملیات داده‌برداری (وزن کشی نمونه‌ها) در فواصل ۳۰ دقیقه توسط یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ ± گرم انجام و نتایج آن از ابتدا تا انتهای فرایند ثبت گردید. این عمل تا زمانی که رطوبت محصول به حدود ۱۵ درصد برسد ادامه می‌یافت. آزمایشات در سه تکرار (آزمایش فاکتوریل و طرح کاملا تصادفی) اجرا شد و از خشک‌کن آزمایشگاهی ثابت استفاده گردید. پس از پایان آزمایش خشک‌کردن برای هر تیمار در سه تکرار اقدام به نمونه‌گیری شده و نمونه‌ها توسط ترازوی مذکور توزین شدند. سپس با استفاده از آون تحت خلا در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵۰ میلی بار به مدت ۸ ساعت قرار داده شدند(Tsami et al, 1998). پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها مجددا توزین شدند. سپس با استفاده از رابطه (۱) رطوبت تعادلی نمونه بر مبنای خشک تعیین گردید. با میانگین گیری از سه رطوبت بدست آمده، رطوبت تیمار آزمایش در پایان فرایند آزمایش تعیین شد. پس از تعیین رطوبت تیمار در پایان آزمایش، وزن خشک تیمار از رابطه(۱) محاسبه گردید و سپس با استفاده از همان رابطه با در دست داشتن وزن تیمار آزمایش در فواصل زمانی ذکر شده مقدار رطوبت در زمانهای بالا بدست آمد.

$$M_e = \frac{M_w - M_d}{M_d} \qquad (۱)$$

محاسبه آهنگ خشک‌شدن

برای محاسبه آهنگ خشک شدن در هر زمان از فرآیند، اختلاف وزن نمونه در آن زمان و زمان بعدی را بدست آورده و آن در واقع مقدار آبی است که از جسم خارج شده است. سپس آن عدد را بر وزن ماده خشک تقسیم نموده و عدد بدست آمده بر واحد زمان مورد استفاده در اندازه‌گیری (۳۰ دقیقه) تقسیم می‌شود(Sawheny et al, 1999). عدد بدست آمده آهنگ خشک شدن بر حسب $kgH_2O/kgDM.h$ [۱] می‌باشد. با میانگین گیری از مجموع اعداد بدست آمده در زمانهای

[۱]- کیلوگرم آب به کیلوگرم ماده خشک در ساعت

مختلف فرایند، متوسط آهنگ خشک شدن برای هر تیمار حاصل شد که برای تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به منابع و تحقیقات انجام شده، مبنای محاسبات و متوسط آهنگ خشک شدن در این تحقیق، زمان رسیدن رطوبت انگور به ١٦ درصد بر پایه خشک می‌باشد(Riva and Peri, 1983 and Tulasidas et al, 1983).

تعیین ضریب نفوذ پذیری و انرژی فعال‌سازی

ضریب نفوذ از شیب خط حاصل از رسم رطوبت بی بعد($MR=(M-M_e)/(M_o-M_e)$) بر حسب زمان در یک نمودار نیمه لگاریتمی محاسبه شد. شیب خط حاصل که برابر با $\frac{\pi^2 D}{r^2}$ می‌باشد توسط رگرسیون خطی محاسبه شده و از آنجا ضریب نفوذ (D) محاسبه گردید. انرژی فعال‌سازی[1] نیز از شیب خط حاصل از لگاریتم $\frac{D}{r^2}$ بر حسب $\frac{1}{T}$ محاسبه شد (توکلی پور، ١٣٨٠ و Tulasidas et al, 1983).

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشات اندازه‌گیری زمان و متوسط آهنگ خشک کردن انگور بیدانه سفید در جداول (١) و (٢) آورده شده است. از تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده نتیجه گیری شد که تغییر پارامترهای دما و روش آماده سازی محصول اثرات معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن در سطح ١٪ دارند. همچنین اثر متقابل بین متغیرهای دما و آماده سازی محصول بر زمان و آهنگ خشک شدن در سطح ١٪ معنی دار می‌باشند. مشابه این نتیجه قبلا ضرابی برای روشهای دیگر آماده سازی و همچنین غلامی پرشکوهی برای دماهای ثابت گزارش کرده بودند ولی در دمای دو مرحله‌ای تاکنون گزارشی مشاهده نشده است(ضرابی، ١٣٧٧ و غلامی پرشکوهی و همکاران، ١٣٨٦). همچنین نتایج مقایسه میانگینها نیز در جداول (٣) و (٤) نشان داده شده است. مقادیر ضرایب نفوذ در سطوح مختلف دما و آماده سازی در جدول (٥) آمده است. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود با افزایش دما در تمامی آماده سازی‌ها مقدار ضریب نفوذ بیشتر می‌شود. مقدار ضریب نفوذ در آماده سازی P_4 بیشتر از P_3 وP_3 بیشتر از P_2 می‌باشد.

جدول(١)- نتایج تجزیه واریانس داده‌های زمان خشک شدن انگور بیدانه سفید

منابع تغییر	درجه آزادی	SS	MS	F
دما	٦	٣٩٠٧٧١٠٠	٦٥١٢٨٥٤	١٣٤٤١٧**
روش آماده سازی	٣	٧٦١٠٩٣٥	٢٥٣٦٩٧٨	٥٢٣٦٠**
دما × روش آماده سازی	١٨	٩١٣٨٦٢٤	٥٠٧٧٠١	١٠٤٧٨**
خطا	٥٦	٢٧٣١	٤٨	
کل	٨٣	٥٥٨٢٩٣٠٠		

**= وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ١٪

[1] - Activation Energy

تاثیر دما بر مقدار ضریب نفوذ در سطوح مختلف آماده سازی بررسی شد و نتایج آن از معادله آرنیوس پیروی می‌کند. این نتیجه قبلا ضرابی برای روشهای دیگر آماده سازی و همچنین غلامی پرشکوهی برای دماهای ثابت گزارش کرده بودند ولی در دمای دو مرحله‌ای تاکنون گزارشی مشاهده نشده است(ضرابی، ۱۳۷۷ و غلامی پرشکوهی و همکاران، ۱۳۸٦). همانطور که جدول (٦) نشان می‌دهد، مقدار R^2 تمامی مدلها از ۹۵٪ بالاتر میباشد که نتیجه برازش خوب معادله آرنیوس است.

جدول(۲)- نتایج تجزیه واریانس داده‌های متوسط آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید

منابع تغییر	درجه آزادی	SS	MS	F
دما	٦	۱/۸۲۰	۰/۳۰۳	۲۷۳٤/۳ **
روش آماده سازی	۳	۰/۳۵۰	۰/۱۱۷	۱۰۵۱/٦ **
دما × روش آماده سازی	۱۸	۰/۰۸۵	۰/۰۰۵	٤۲/۸ **
خطا	٥٦	۰/۰۰٦	۰/۰۰۰۱	
کل	۸۳	۲/۲٦۱		

**= وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪

جدول (۳)- آزمون مقایسه میانگین زمان خشک شدن(دقیقه) انگور بیدانه سفید (دانکن ۱٪)

روش آماده سازی / محصول / دما (°C)	P_1	P_2	P_3	P_4
۵۰	^{V}٤۱٥۱	^{U}۲۳۱۰	^{T}۲۰۱۰	^{Q}۱۳۱۲
٦۰	^{R}۱٤۰۰	^{O}۱۰۲۸	^{J}٦۹٤	^{I}٦۱۷
۷۰	^{H}٥۸۸	^{F}٤۷۸	^{D}٤۱۸	^{C}۳۸٥
۸۰	^{D}٤۰۸	^{B}۳۰۳	^{B}۲۹۸	^{A}۲۳۹
۸۰-۷۰	^{G}٥۳٤	^{E}٤۳۸	^{C}۳۷٥	^{B}۳۰٤
۸۰-٦۰	^{N}۸٦۲	^{L}۷۳۰	^{H}٥۹۷	^{F}٤٦۳
۸۰-٥۰	^{S}۱۷۲۱	^{P}۱۱۷۱	^{M}۷۸٥	^{K}۷۱۰

جدول (٤)- آزمون مقایسه میانگین‌آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید(دانکن ۱٪)

روش آماده سازی / محصول / دما (°C)	P_1	P_2	P_3	P_4
۵۰	^{A}۰/۰۳۲	^{B}۰/۰٦۹	^{B}۰/۰۷۹	$^{C\ D}$۰/۱۲٥
٦۰	^{C}۰/۱۲۳	^{D}۰/۱٤۷	$^{F\ G}$۰/۲۰۸	$^{H\ I}$۰/۲۳٦
۷۰	$^{I\ J}$۰/۲٥٥	$^{K\ L}$۰/۳۰۹	^{M}۰/۳۹٥	^{N}۰/٤۳۳
۸۰	^{M}۰/۳۷٦	^{O}۰/٤۸۷	^{P}۰/٥۷۳	^{Q}۰/۷٤۲
۸۰-۷۰	^{J}۰/۲۷٥	^{L}۰/۳۳۱	^{M}۰/۳۹۳	^{O}۰/٤٦٦
۸۰-٦۰	^{E}۰/۱۷۲	$^{F\ G}$۰/۱۹۸	$^{I\ J}$۰/۲٥۳	^{K}۰/۳۰٥
۸۰-٥۰	^{B}۰/۰۸٥	$^{C\ D}$۰/۱۲٦	$^{E\ F}$۰/۱۸۹	$^{G\ H}$۰/۲۱٤

حروف مشابه نشانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ می‌باشد.

جدول(۵)- مقادیر ضرایب نفوذ انگور بیدانه سفید در دماها و روشهای آماده سازی‌تحت بررسی

آماده سازی P_1		آماده سازی P_2		آماده سازی P_3		آماده سازی P_4		
R^2	$\frac{D}{r^2}\times10^6$ (S^{-1})	R^2	$\frac{D}{r^2}\times10^6$ (S^{-1})	R^2	$\frac{D}{r^2}\times10^6$ (S^{-1})	R^2	$\frac{D}{r^2}\times10^6$ (S^{-1})	دما (^oC)
۰/۹۹۸	۱/٤	۰/۹۹۱	۲/٦۳	۰/۹۹۱	۳/۲٦	۰/۹۷۷	٤/۳٤	۵۰
۰/۹۹۵	٤/۳۷	۰/۹۹۹	۵/۵۷	۰/۹۸۳	۸/۹۵	۰/۹۹۸	۹/۱۲	٦۰
۰/۹٦٤	۹/۳۲	۰/۹۹۹	۱۱/۸۹	۰/۹۹۲	۱۳/٤۲	۰/۹۹۹	۱۵/۵۷	۷۰
۰/۹۹۸	۱٤/۰۳	۰/۹۹۸	۱۸/۲۹	۰/۹۸٦	۱۹/۹۲	۰/۹۹۵	۲٤/۳۲	۸۰

جدول(٦)- برازش ضرایب نفوذ با معادله آرنیوس و مقدار انرژی فعالسازی انگور بیدانه سفید

آماده سازی	مدل	R^2	انرژی فعال سازی ($\frac{kJ}{kg}$)
P_1	$\ln\frac{D}{r^2}=3.32-\frac{8802.1}{T}$	۰/۹٦۷	٤۰٦۵/٦
P_2	$\ln\frac{D}{r^2}=3.23-\frac{7829.7}{T}$	۰/۹۸۸	۳٦۱٦/۵
P_3	$\ln\frac{D}{r^2}=3.09-\frac{6699.4}{T}$	۰/۹٤۹	۳۰۹٤/٤
P_4	$\ln\frac{D}{r^2}=3.08-\frac{6529.3}{T}$	۰/۹۹۲	۳۰۱۵/۸

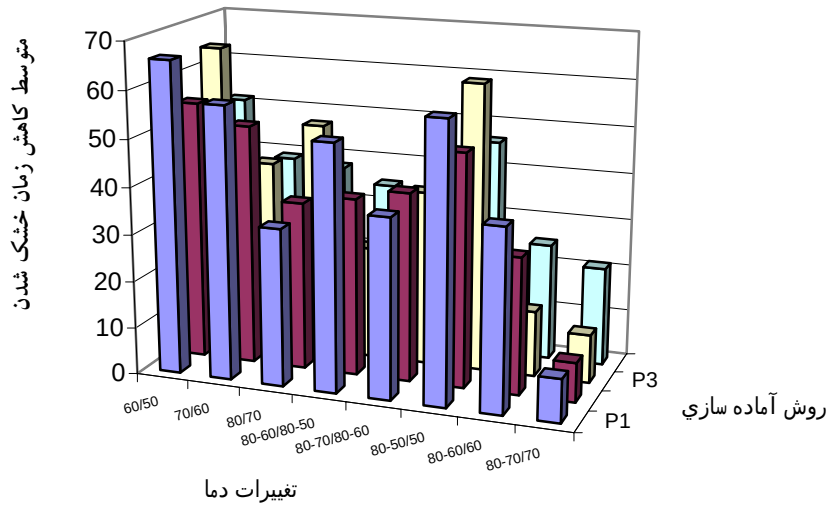
بحث

با توجه به مقایسه میانگینها (جداول ۳ و ٤)، ملاحظه می‌شود که افزایش دما در کلیه روش های آماده‌سازی محصول موجب تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن انگور می‌گردد (در کلیه تحقیقات به آن اشاره شده است). بیشترین تاثیر افزایش دما در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن مربوط به افزایش دمای خشک کن از ۵۰ به ٦۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که در اغلب موارد حتی تا بیش از ۵۳ درصد زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. این تاثیر در آماده‌سازی P_1 بیشتر از P_3 و آن هم از P_2 و P_4 بیشتر است. همچنین تاثیر افزایش دمای خشک کن از ٦۰ به ۷۰ درجه سانتی‌گراد، در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن بیشتر از تاثیر افزایش دما از ۷۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد می باشد(شکل ۲). علت آن را می‌توان چنین بیان کرد که با افزایش دما، سطح رویی میوه به سرعت خشک شده و در آن ایجاد چروکیدگی می‌گردد. این پدیده موجب می‌شود منافذ سطحی کوچکتر از قبل شده و رطوبت درون ماده نتواند به سرعت از سطح خارج شود.

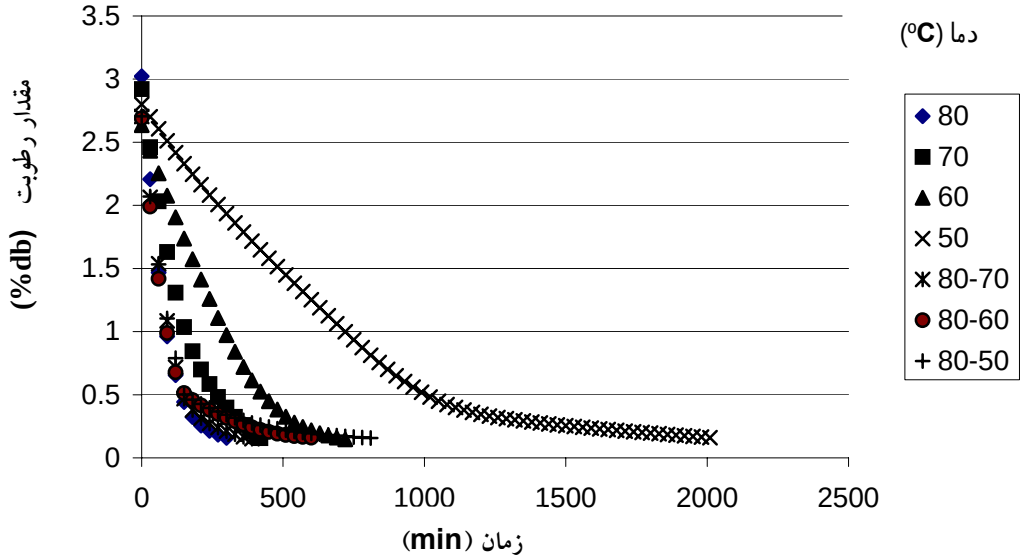
در خشک کردن دو مرحله‌ای، تاثیر افزایش دما در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن متغیر بوده بطوری که در روش های آماده سازی P_1 و P_4 ، افزایش دمای مرحله دوم خشک کن از ۵۰ به٦۰ تاثیر بیشتری نسبت به ٦۰ به ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌گذارد. در روش های آماده سازی P_2 و P_3 این تغییر بر عکس می‌باشد. در مقایسه انجام شده در دمای دو مرحله‌ای نتیجه گیری شد که دمای دو مرحله‌ای با تغییر دما در مرحله دوم به ۵۰ درجه سانتی‌گراد بطور متوسط بیش از ٤٦

درصد زمان خشک شدن را نسبت به دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد. این تاثیر در روش آماده سازی P_3 نسبت به بقیه روش های آماده‌سازی بیشتر و به مقدار ٦١ درصد بود. همچنین با افزایش دما این تاثیر کمتر می‌شود.

به عنوان نمونه برای نشان دادن تاثیر تغییرات دما، منحنی تغییرات رطوبت در روش آماده سازی P_3 در شکل (۳) نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، افزایش دما موجب کاهش زمان خشک کردن می‌گردد. این مساله برای آهنگ خشک شدن در شکل(٤) نشان داده شده است. سریعترین آهنگ خشک شدن مربوط به دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.



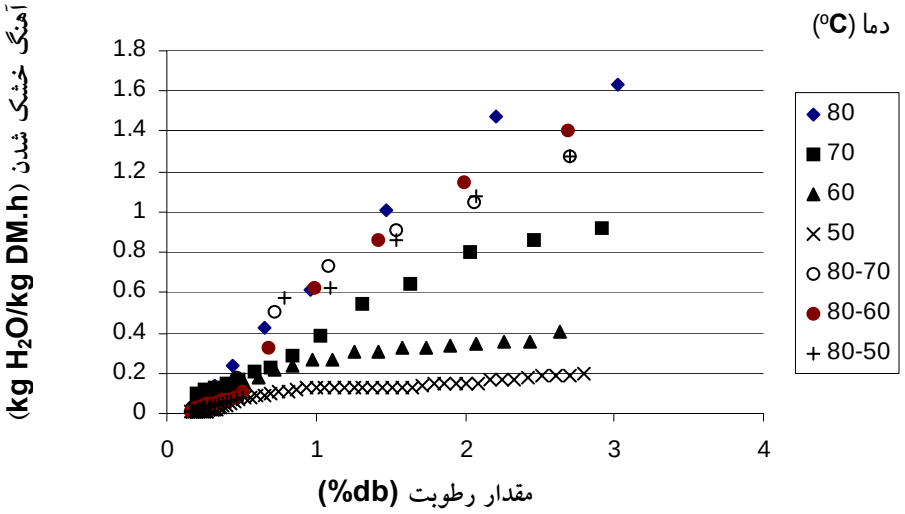
شکل (۲) – مقایسه تاثیر تغییرات دما در سطوح تحت بررسی بر کاهش زمان خشک شدن انگور بیدانه سفید



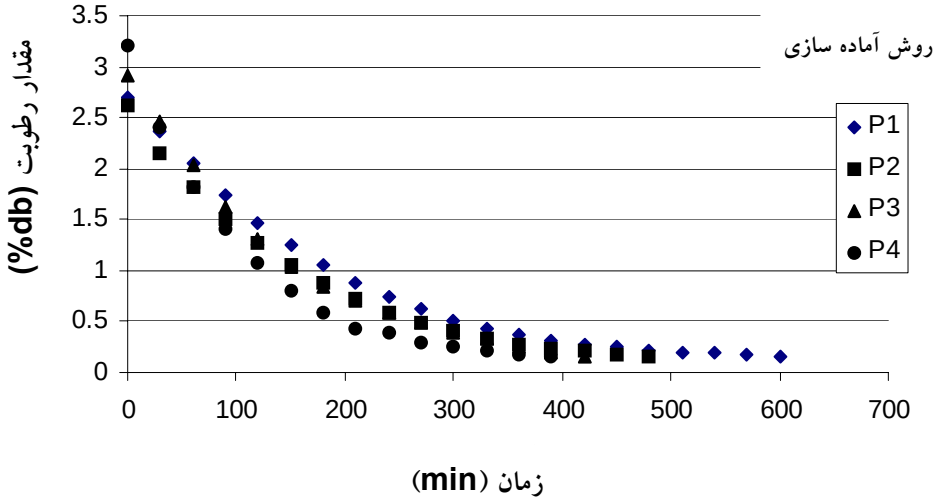
شکل (۳)– روند تغییرات رطوبت انگور بیدانه سفید ناشی از تغییرات دما در روش آماده سازی P_3

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها(جداول ۳ و٤)، آماده‌سازی محصول در تمامی دماها موجب تسریع معنی‌دار آهنگ و کاهش زمان خشک شدن انگور می‌شود. ضرابی، غلامی پرشکوهی و دویماز و پالا نیز در تحقیقات خود به آن اشاره داشتند(ضرابی، ۱۳۷۷ ، غلامی پرشکوهی و همکاران، ۱۳۸٦ و Doymaz et al, 2002). در کلیه دماها، روش آماده‌سازی P_4 نسبت به P_3 ، P_3 نسبت به P_2 و P_2 هم نسبت به P_1 تاثیر بیشتری بر روی تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن نسبت به بقیه تیمارها داشته است. علت آن تاثیر بیشتر آماده سازی P_4 در حل شدن پوسته مومی و دیواره سلولی می‌باشد. به عنوان نمونه برای نشان دادن تاثیر روش آماده سازی بر روی آهنگ و زمان خشک شدن، منحنی تغییرات رطوبت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در شکل های ٥ و ٦ نشان داده شده است.

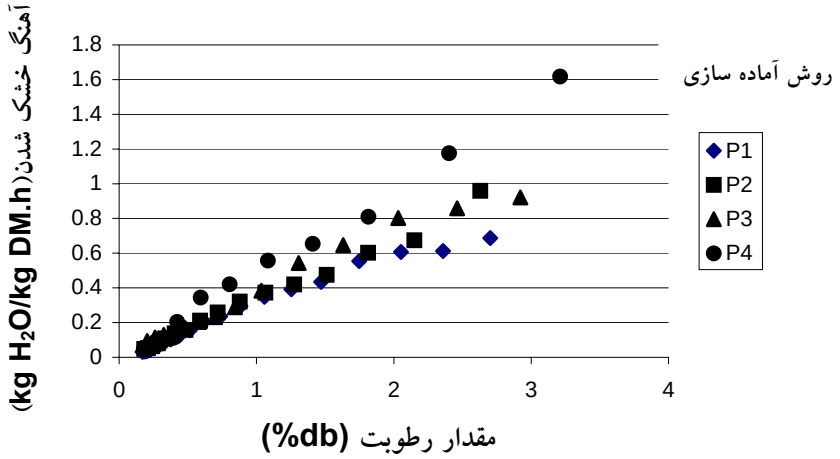
با توجه به جدول (٦) مقدار انرژی فعال سازی در روش آماده سازی P_4 از روشهای دیگر آماده سازی کمتر می‌باشد. علت آن، تاثیر بیشتر این ماده آماده‌سازی در حل شدن پوسته مومی و دیواره سلولی حبه‌های انگور می‌باشد، که سبب می‌شود مقدار این انرژی کاهش یابد.



شکل (٤)- روند تغییرات آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید ناشی از تغییرات دما در روش آماده سازی P_3



شکل (٥)- تاثیر روش آماده سازی بر روند تغییرات رطوبت انگور بیدانه سفید در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد



شکل (٦)- تاثیر روش آماده سازی بر روند تغییرات آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد

نتیجه‌گیری

با بررسی و تجزیه وتحلیل نتایج بدست آمده از تحقیق، موارد زیر نتیجه‌گیری و توصیه می‌گردد:

۱- تاثیر متغیر های دما و روش آماده سازی محصول، بر روی زمان و آهنگ خشک شدن معنی دار است. همچنین کلیه اثرات متقابل بین متغیرهای دما و روش آماده سازی محصول بر زمان و آهنگ خشک شدن معنی‌دار می‌باشند.

۲- تاثیر روش آماده سازی بر فرایند خشک شدن انگور بسیار زیاد می‌باشد. در میان آماده‌سازیهای مورد استفاده در آزمایش، روش آماده سازی با هیدروکسید سدیم ۰/۵٪ در دمای ۹۳ درجه سانتی‌گراد(P_4)نسبت به بقیه تاثیر بیشتری بر تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن نشان می‌دهد.

۳- تاثیر روش آماده سازی با کربنات پتاسیم ۵٪ و ۰/٤٪ روغن زیتون (P_3)، بیشتر از روش آماده سازی با آب داغ (P_2) بر تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن می‌باشد.

٤- تاثیر دما بر فرایند خشک کردن انگور بسیار زیاد است و افزایش آن موجب کاهش زمان و افزایش آهنگ خشک شدن می‌شود. بطوری که با افزایش دما از ۵۰ به ٦۰ درجه سانتی‌گراد، زمان خشک شدن بیش از ۵۳ درصد کاهش می‌یابد.

۵- در مقایسه انجام شده در دمای دو مرحله‌ای نتیجه گیری شد که با تغییر دما در مرحله دوم به ۵۰ درجه سانتی‌گراد، بطور متوسط بیش از ٤٦ درصد زمان خشک شدن را نسبت به دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد. این تاثیر با افزایش دما در مرحله دوم کمتر می‌گردد.

٦- با افزایش دما در تمامی روشهای آماده سازی، مقدار ضریب نفوذ بیشتر می‌شود.

۷- مقدار ضریب نفوذ در روش آماده سازی با هیدروکسید سدیم ۰/۵٪ در دمای ۹۳ درجه سانتی‌گراد (P_4) بیشتر از سایر روش های آماده سازی می‌باشد.

۸- تاثیر دما بر مقدار ضریب نفوذ در سطوح مختلف روش آماده سازی بررسی شد و نتایج آن از معادله آرنیوس پیروی می‌کند.

۹- مقدار انرژی فعال سازی تیمارهای آزمایش بین۳۰۱۵/۸ و $\frac{kJ}{kg}$ ٤۰٦۵/٦ متغیر می‌باشد.

نمادها

D= ضریب نفوذ (m^2/s)

M_d = وزن نمونه خشک (kg)

M_o= رطوبت اولیه (db٪)

MR= رطوبت بی بعد

T= دما (^oK)

M= مقدار رطوبت (db٪)

M_e= رطوبت تعادلی (db٪)

M_w = وزن نمونه تر (kg)

r= شعاع (m)

منابع

۱- توکلی پور، ح. ۱۳۸۰. خشک کردن مواد غذایی، اصول و روشها. انتشارات آییژ. تهران. ۱۷۰ صفحه.

۲- رامهرمزیان، ش. ۱۳۷۹. تعیین اثرات تیمارهای آماده‌سازی و پارامترهای فرایند خشک‌کردن بر روی برخی شاخصهای کیفی کشمش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.

۳- ضرابی، م. ۱۳۷۷. تعیین پارامترهای طراحی در خشک‌کردن انگور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی شیمی.

٤- غلامی پرشکوهی، م. س، مینایی. ع، برقعی وع، بصیری. ١٣٨٦. تاثیر دما، سرعت جابجایی هوا و روش آماده‌سازی در فرایند خشک شدن انگور بیدانه سفید. مجله تحقیقات فنی و مهندسی، جلد۸، شماره ٤ ، زمستان ١٣٨٦.

5- Doymaz, I. And Pala, M. 2002. The effects of dipping pretreatment on air-drying rates of seedless grapes. Journal of Food Engineering, 52: 423-427.

6- Pangavhane, D.R., Sawheny, R.L. and Saravardia, P.N. 1999. Effect of various dipping pretreatments on drying kinetics of Thompson seedless grapes. Journal of Food Engineering, 39(2): 211-216.

7- Riva, M. and Peri, C. 1983. A study of grape drying: 1. Effect of dipping treatment on drying rates. Science Des Aliments, 3(4): 527-550.

8- Sawheny, R.L., Pangavhane, D.R. and Saravardia, P.N.1999. Drying kinetics of single layer Thompson seedless grape under heated ambient air conditions. Drying Technology, 17(1/2): 215-236.

9- Tsami, E., Marinos-Kouris, D. and Maroulis, Z.B. 1990. Water sorption isotherms of Raisins, Currants, Figs, Prunes and Apricots. Journal of Food Science, 55(6): 1594-1597.

10- Tulasidas, T.N., Raghavan,G. S. V. and Norris, E.R. 1993. Microwave and convective drying of grape. ASAE, Vol 36(6): 1861-1865.

11- Vazquez, G. Chenlo, R. and Costoyas, A. 2000. Effect of various treatments on the drying kinetics of Muscatel grape. Drying Technology, 18(9): 2131-2144.

Drying of Thompson seedless Grape in Two-Temperature

Abstract

In this research, effect of two-tempreture and pretreatments on time and drying rate of Thompson seedless grape were studied. Drying was in two steps: First step; temperature at four levels of 50,60,70, and 80 ºC and secound step which samples were placed at two temperatures. In this step, samples were placed at 80 ºC and while moisture content was reduced to 50%, temperature was reduced to 70,60 and 50 ºC. Four pretreatments including hot water, %5 potassium carbonate, %0.4 olive oil, %0.5 sodium hydracids and no pretreatment were performed. According to the results of the ANOVA, factors such as temperature, two-temperature and pretreatment have significant effects on drying time and average drying rate. Drying time of grape with two-temperature in comparison with drying time of constant temperature was decresed up to 61% for some pretreatment. Maximum and minimum activation energy were determind 893.9, 4538.8 kj/kg.

Key Words: Pretreatment, Activation energy, Grape, Tow-temperature, Drying