

تأثیر روشهای آماده‌سازی و آبگیری بر سرعت و زمان خشک شدن انگور

بیدانه قرمز

محمد غلامی پرشکوهی^{1*}، مجید رشیدی²، ایرج رنجبر¹، سعید عباسی³

1- دانشیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

2- استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

3- مربی گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

(تاریخ دریافت: 87/12/21 تاریخ پذیرش: 89/2/5)

چکیده

یکی از مهمترین مراحل تولید کشمش، فرایند خشک کردن انگور می‌باشد. دستیابی به شرایط بهینه در فرایند خشک کردن می‌تواند اثر مهمی بر زمان فرآوری و بهبود شاخصهای کیفی این محصول داشته باشد. در این تحقیق تاثیر دمای دو مرحله‌ای و همچنین روش آماده‌سازی محصول بر روی زمان و آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز مورد بررسی قرار گرفت. خشک شدن به دو صورت یکی با دمای ثابت 50، 60، 70 و 80 درجه سانتی‌گراد و دیگری با دمای دو مرحله‌ای انجام گرفت. در روش دو مرحله‌ای ابتدا نمونه‌ها تحت دمای 80 درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از رسیدن رطوبت محصول به 50 درصد، دما به 50، 60 و 70 درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا کرد. روش آماده‌سازی محصول نیز در چهار سطح بدون آماده‌سازی، آماده سازی با آب داغ، آماده سازی با کربنات پتاسیم 5% و 4/0% روغن زیتون و آماده سازی با هیدروکسید سدیم 5/0% انجام گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که پارامترهای دما و آماده سازی 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 آماده سازی تا 67 درصد کاهش می‌یابد. کمترین و بیشترین مقدار انرژی فعال سازی نیز به ترتیب بین 2893/9 و 4538/8 کیلو ژول بر کیلو گرم تعیین شد.

کلید واژه‌گان: آماده‌سازی، انرژی فعال‌سازی، انگور، دمای دو مرحله‌ای، خشک شدن.

1- مقدمه

باشد، از دستگاه‌های خشک‌کن استفاده می‌شود که از آن میان خشک‌کنهای هدایتی اجباری¹ (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، روش آماده‌سازی بر کیفیت و زمان خشک شدن انگور تاثیر می‌گذارند که بسته به رقم و شرایط

یکی از فرآورده‌های 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 [1]. در اکثر مناطق انگور خبز کشور، برای تهیه سنتی کشمش از ورزن یا بارگاه استفاده می‌شود و آن محیطی است که برای خشک‌کردن انگور در هوای آزاد بکار می‌رود. امروزه برای تهیه سریع کشمش با کیفیت بهتر که عاری از مواد زائد

* مسئول مکاتبات: Gholami hassan@yahoo.com

1. Forced (air) Convection

(0/5 کیلوگرم در 10 لیتر آب) و 0/2 کیلوگرم اتیل‌اولئات در دمای محیط و به مدت یک دقیقه، بیشتر از سایر تیمارها بود [5]. در این تحقیق تاثیر پارامترهای دما، دمای دومرحله‌ای و روش آماده‌سازی محصول بر زمان و آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد و مقادیر ضریب نفوذ و انرژی فعالسازی تعیین می‌شود. همچنین زمان خشک شدن انگور در دمای ثابت و دمای دومرحله‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد.

2- مواد و روشها

2-1- مواد

آزمایشها بر روی انگور بیدانه قرمز انجام شد. انگور مورد نیاز از منطقه تاکستان قزوین تهیه شد. رطوبت اولیه انگور در حدود (68-72) درصد بر پایه تر و قطر دانه‌های آن در حدود (1/2-1/5) سانتی‌متر بود. درصد قند متوسط انگور نیز 26/52 درصد بود. انگورها در سردخانه و دمای حدود 1 ± 4 درجه سانتی‌گراد در مدت آزمایش نگهداری شدند.

برای انجام عملیات خشک کردن از سه عدد خشک‌کن آزمایشگاهی ثابت (از نوع کیلن⁴) استفاده گردید. این خشک‌کن‌ها ساخت کشور ایران بوده و در مجتمع تحقیقاتی عصر انقلاب (سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران) قرار دارند (شکل 1). 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. طول، عرض و ارتفاع خشک‌کن‌ها به ترتیب 40 سانتی‌متر، 40 سانتی‌متر و 165 سانتی‌متر بود. قسمت نمونه‌گیر دارای حدود 100 سانتی‌متر فاصله از کف دستگاه و حدود 60 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 180-220 متر مکعب بر ساعت است که توسط یک دیمتر قابل تنظیم می‌باشد. در فاصله ای حدود 40 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

محیطی منطقه، شدت اثرات این پارامترها متفاوت می‌باشد. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهند که دما بیشترین تاثیر و سرعت هوا کمترین تاثیر بر زمان خشک شدن انگور می‌گذارد [2]. تا کنون تحقیقاتی مبنی بر تاثیرات دمای پله ای بر خشک شدن انگور انجام نشده است.

بررسی پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوا و آماده سازی بر زمان و آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید توسط غلامی پرشکوهی و همکاران انجام شد. نتایج نشان داد که پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوا و آماده سازی محصول اثرات بسیار 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 69% کاهش می‌دهد. افزایش دما نیز در برخی از روش‌های آماده‌سازی تا 66% زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. افزایش سرعت جابجایی هوای گرم نیز می‌تواند تا حدود 8/6% زمان خشک شدن محصول را کاهش دهد [2].

اثرات روشهای آماده‌سازی بر روی روند خشک‌کردن انگور و شاخصهای کیفی فرآورده نهایی توسط پنگوانه¹ و همکاران بررسی گردید. آزمایشات در یک خشک‌کن با دمای هوای 60 درجه‌سانتی‌گراد و سرعت جابجایی 0/5 متر بر ثانیه و تیمارهای آماده‌سازی مختلف انجام گردید. نتایج نشان داد که روش آماده‌سازی انگور با محلول هیدروکسید سدیم، شدت خشک کردن انگور را در مقایسه با روشهای دیگر بکار رفته به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد [3].

واکوز² و همکاران، آهنگ خشک شدن انگور (رقم Muscatel) را در دمای 60 درجه‌سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 22 درصد با روشهای آماده‌سازی مختلف تعیین نمودند آنها نتیجه گرفتند که آماده‌سازی در مدت زمان 3 دقیقه همراه محلول 7 درصد کربنات پتاسیم و روغن زیتون 0/4 درصد در دمای 60 درجه سانتی‌گراد مدت زمان خشک‌کردن را از 80 به 20 ساعت کاهش می‌دهد. در این تحقیق مقدار ضریب نفوذ در محدوده $10^{-10} m^2 s^{-1}$ (1/2-2/8) تعیین شد [4].

اثرات تیمارهای آماده‌سازی بر روی شدت خشک‌کردن انگور بی‌دانه توسط دویماز و پالا³ بررسی گردید. نتیجه آزمایشات نشان داد که آهنگ خشک‌شدن انگور در تیمار محلول کربنات پتاسیم

1. Pangavhane
2. Vazquez
3. Doymaz and Pala

4. Kiln Dryer

2-2- روشها

2-2-1- آزمایشات خشک کردن

در این تحقیق اثر عوامل مختلف شامل آماده سازی و دمای هوای گرم خشک کن، بر انگور بیدانه قرمز مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل، آماده سازی در 4 سطح و دما در 7 سطح بود. تیمارهای آماده سازی بکار گرفته شده عبارتند از: 1- تیمار شاهد (بدون آماده سازی) (P₁) - 2 تیمار آب داغ در دمای 95 درجه سانتی گراد و زمان 150 ثانیه (P₂) [6]. 3- تیمار کربنات پتاسیم 5% و 0/4% روغن زیتون در دمای محیط و زمان 5 دقیقه (P₃) [1]. 4- تیمار هیدروکسید سدیم 0/5% در دمای 93 درجه سانتی گراد و زمان 5 ثانیه و شستشو با آب سرد حدود 5 دقیقه (P₄) [3].

متغیر دمای خشک کن به دو صورت، یکی با دمای ثابت در چهار سطح 50، 60، 70 و 80 درجه سانتی گراد و دیگر با دمای دو مرحله ای (پله ای) بود. برای انجام این کار ابتدا نمونه ها تحت دمای 80 درجه سانتی گراد قرار گرفته و سپس بعد از رسیدن رطوبت محصول به حدود 50 درصد، دما به 70، 60 و 50 درجه سانتی گراد (در آزمایش های جداگانه) کاهش پیدا کرد.

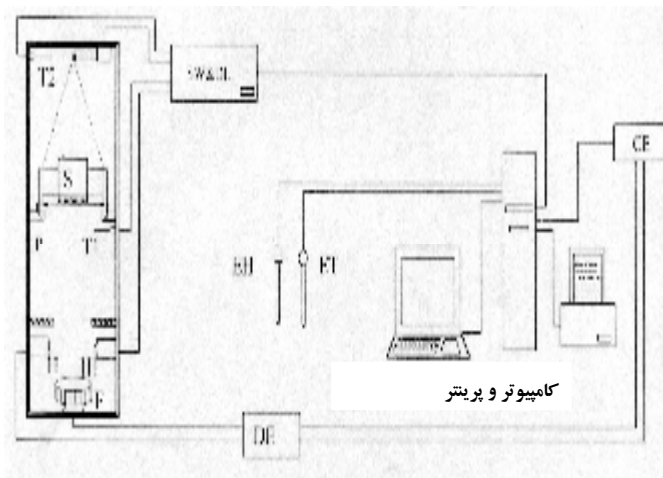
پس از آماده سازی، انگورها به مدت 2 ساعت در دمای محیط قرار داده شدند تا به حالت تعادل با محیط برسند. سپس حدود 120-125 گرم از هر نمونه را بر روی سینی های خشک کن به صورت تک لایه قرار داده و سینی ها در داخل خشک کن گذاشته شدند. عملیات داده برداری (وزن کشی نمونه ها) در فواصل 30 دقیقه توسط یک ترازوی دیجیتال با دقت 0/01 ± گرم انجام و نتایج آن از ابتدا تا انتهای فرایند ثبت گردید. این عمل تا زمانی که رطوبت محصول به حدود 15 درصد برسد ادامه می یافت. آزمایشات در سه تکرار (آزمایش فاکتوریل و طرح کاملا تصادفی) اجرا شد و از خشک کن آزمایشگاهی ثابت استفاده گردید.

پس از پایان آزمایش خشک کردن برای هر تیمار در سه تکرار اقدام به نمونه گیری شده و نمونه ها توسط ترازوی مذکور توزین شدند. سپس با استفاده از آن تحت خلا در دمای 70 درجه سانتی گراد و فشار 150 میلی بار به مدت 8 ساعت قرار داده شدند [7]. پس از خشک شدن کامل نمونه ها مجدداً توزین شدند. سپس با استفاده از رابطه (1) رطوبت تعادلی نمونه بر مبنای وزن نمونه 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

دمای هوا را قبل و بعد از تماس با نمونه های آزمایش اندازه گیری می نماید.

در این شکل:

(F) فن. (H) مولد گرما. (S) صفحه مشبک حامل نمونه. (T₁) دماسنج قبل از صفحه مشبک حامل نمونه. (T₂) دماسنج بعد از صفحه مشبک حامل نمونه. (SW) کلید های فرمان. (DL) ثبات داده ها (دیتالاگر). (CE) سیستم کنترل الکترونیکی. (DE) سیستم راه انداز الکترونیکی. (EH) حسگر اندازه گیری رطوبت محیط. (ET) حسگر اندازه گیری دمای محیط.



شکل 1 طرح خشک کن آزمایشگاهی

برای اندازه گیری سرعت جابجایی هوای گرم در خشک کن از دستگاه سرعت سنج هوا¹ مدل AM-4201 شرکت لوترون² استفاده شد. این دستگاه قابلیت اندازه گیری سرعت عبور هوا تا 20 متر بر ثانیه را دارا می باشد. برای تنظیم سرعت هوای ورودی، ابتدا پروانه دستگاه سرعت سنج هوا در محل عبور هوا قرار داده و سرعت عبور هوا توسط دستگاه قرائت شد. پس از آن با استفاده از دیمر مربوطه به دمنده دستگاه خشک کن، سرعت عبور هوا به میزان دلخواه تنظیم می شد.

با استفاده از دماسنج و رطوبت سنج مدل HT-3003 شرکت لوترون در طول آزمایشات تغییرات دمای آزمایشگاه و رطوبت نسبی هوای محیط اندازه گیری شد. در این تحقیق علاوه بر وسایل معمول از آن خلا با قابلیت ایجاد فشار مطلق تا 150 میلی بار، دماسنج جیوه ای، پتری دیش، ظروف پلاستیکی و هیتر برقی و نیز مواد شیمیایی کربنات پتاسیم، هیدروکسید سدیم و روغن زیتون استفاده شد.

1. Anemometer
2. Lutron

3- نتایج و بحث

3-1- فرایند خشک کردن انگور بیدانه قرمز

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشات اندازه‌گیری زمان و متوسط آهنگ خشک کردن انگور بیدانه قرمز در جداول (1) و (2) آورده شده است. از تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده نتیجه گیری شد که تغییر پارامترهای دما و روش آماده سازی محصول اثرات بسیار معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن در سطح 1% دارند. همچنین اثر متقابل بین متغیرهای دما و آماده سازی محصول بر زمان و آهنگ خشک شدن در سطح 1% معنی دار می‌باشند.

جدول 1 نتایج تجزیه واریانس داده‌های زمان خشک شدن انگور

بیدانه قرمز				
F	MS	SS	درجه آزادی	منابع تغییر
149007**	6809981	40859900	6	دما
50383**	2302642	6907925	3	روش آماده سازی
12469**	569842	10257200	18	روش × دما آماده سازی
	46	2559	56	خطا
		58027584	83	کل

**= وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال 1%

جدول 2 نتایج تجزیه واریانس داده‌های متوسط آهنگ خشک

شدن انگور بیدانه قرمز

F	MS	SS	درجه آزادی	منابع تغییر
2972/2**	0/201	1/205	6	دما
789/7**	0/053	0/160	3	روش آماده سازی
16/6**	0/001	0/020	18	دما × روش آماده سازی
	0/0001	0/004	56	خطا
		1/389	83	کل

**= وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال 1%

با توجه به مقایسه میانگینها، ملاحظه می‌شود که افزایش دما در کلیه روش‌های آماده‌سازی محصول موجب تسریع آهنگ و کاهش

رابطه (1) 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.

$$M_e = \frac{M_w - M_d}{M_d} \quad (1)$$

2-2-2- محاسبه آهنگ خشک شدن

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 را بر واحد زمان مورد استفاده در اندازه‌گیری (30 دقیقه) تقسیم می‌شود [8]. عدد بدست آمده آهنگ خشک شدن بر حسب $kgH_2O/(kgDM.h)$ می‌باشد. با میانگین گیری از مجموع اعداد بدست آمده در زمانهای 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 16 درصد بر پایه خشک می‌باشد [8، 9 و 10].

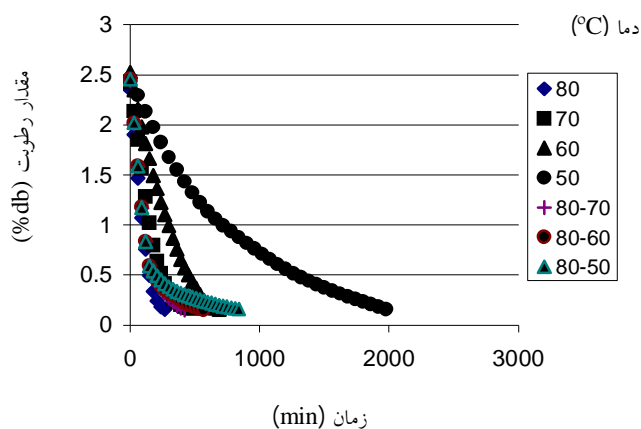
2-2-3- تعیین ضریب نفوذ پذیری و انرژی

فعال سازی

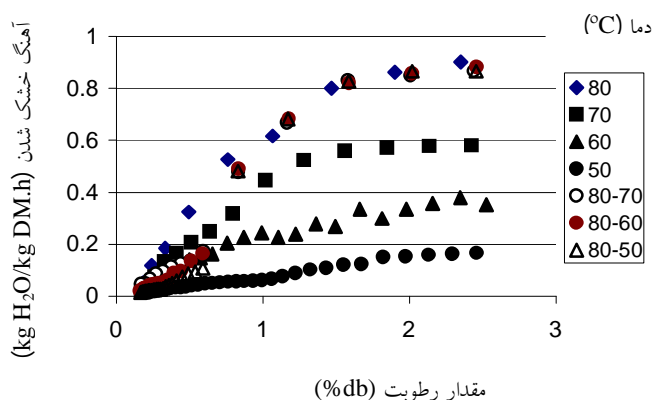
ضریب نفوذ از شیب خط حاصل از رسم رطوبت بی بعد $(MR=(M-M_e)/(M_0-M_e))$ بر حسب زمان در یک نمودار نیمه لگاریتمی محاسبه شد. شیب خط حاصل که برابر با $\frac{p^2 D}{r^2}$ می‌باشد توسط رگرسیون خطی محاسبه شده و از آنجا ضریب نفوذ (D) محاسبه گردید. انرژی فعال‌سازی¹ نیز از شیب خط حاصل از لگاریتم $\frac{D}{r^2}$ بر حسب $\frac{1}{T}$ محاسبه شد [10 و 11].

در این تحقیق تمامی تجزیه و تحلیل‌ها توسط نرم افزار آماری استاتستیکا² انجام شده و اشکال نیز به کمک نرم افزار اکسل³ ترسیم شده است.

1. Activation Energy
2. Statistica
3. Excel



شکل 2 روند تغییرات رطوبت انگور بیدانه قرمز ناشی از تغییرات دما در روش آماده سازی P₃



شکل 3 روند تغییرات آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز ناشی از تغییرات دما در روش آماده سازی P₃

همچنین با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها، آماده‌سازی محصول در تمامی دماها موجب تسریع معنی‌دار آهنگ و کاهش زمان خشک شدن انگور می‌شود. در کلیه دماها، روش آماده‌سازی P₄ نسبت به P₃، P₃ نسبت به P₂ و P₂ هم نسبت به P₁ تاثیر بیشتری بر روی تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن نسبت به بقیه تیمارها داشته است. علت آن تاثیر بیشتر آماده سازی P₄ در حل شدن پوسته مومی و دیواره سلولی می‌باشد. به عنوان نمونه برای نشان دادن تاثیر روش آماده سازی بر زمان و آهنگ خشک شدن، منحنی تغییرات رطوبت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد در شکل های 4 و 5 نشان داده شده است.

زمان خشک شدن انگور می‌گردد. بیشترین تاثیر افزایش دما در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن مربوط به افزایش دمای خشک کن از 50 به 60 درجه سانتی‌گراد می‌باشد که حد اقل 54 درصد زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. این تاثیر در آماده‌سازی P₁ بیشتر از P₃ و آن هم از P₂ و P₄ بیشتر است. همچنین تاثیر افزایش دمای خشک کن از 60 به 70 درجه سانتی‌گراد، در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن بیشتر از تاثیر افزایش دما از 70 به 80 درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

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 به جزء در روش آماده سازی P₄، افزایش دمای مرحله دوم خشک کن از 50 به 60 تاثیر بیشتری نسبت به 60 به 70 درجه سانتی‌گراد می‌گذارد. در مقایسه انجام شده در دمای دو مرحله‌ای نتیجه گیری شد که دمای دو مرحله‌ای با تغییر دما در مرحله دوم به 50 درجه سانتی‌گراد بطور متوسط بیش از 47 درصد زمان خشک شدن را نسبت به دمای 50 درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد. این تاثیر در روش آماده سازی P₁ نسبت به بقیه روش های آماده‌سازی بیشتر و به مقدار 67 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 P₃ در شکل (2) 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 (3) نشان داده شده است. سریعترین آهنگ خشک شدن مربوط به دمای 80 درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

جدول 4 آزمون مقایسه میانگین میانگین آهنگ خشک شدن (kg

(H₂O/kg DM.h) انگور بیدانه قرمز (دانکن 1%)

روش آماده سازی محصول				دما (°C)
P ₄	P ₃	P ₂	P ₁	
C ⁰ /096	B ⁰ /069	B ⁰ /056	A ⁰ /029	50
I ⁰ /226	H ⁰ /206	E ⁰ /140	C ⁰ /088	60
L ⁰ /294	K ^L 0/275	J ⁰ /251	G ^H 0/196	70
R ⁰ /517	Q ⁰ /486	P ⁰ /444	N ⁰ /384	80
O ⁰ /422	M ⁰ /327	K ⁰ /271	J ^K 0/260	80-70
K ^L 0/275	I ^J 0/243	G ⁰ /184	F ⁰ /158	80-60
G ^H 0/193	F ⁰ /165	D ⁰ /119	C ⁰ /098	80-50

حروف مشابه نشانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح 1% می باشد.

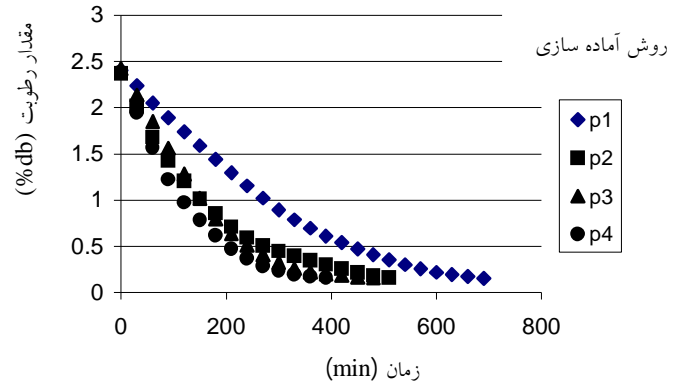
2-3- تعیین ضریب نفوذ پذیری انگور بیدانه

قرمز

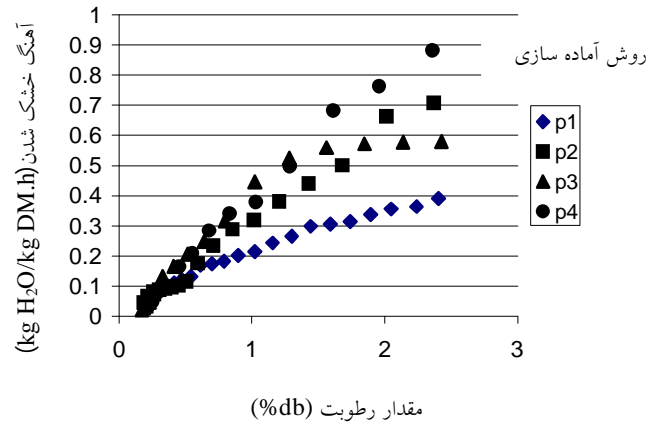
مقادیر ضرایب نفوذ در سطوح مختلف دما و آماده سازی در جدول (5) آمده است.

همانطور که در جدول مشاهده می شود با افزایش دما در تمامی آماده سازی ها مقدار ضریب نفوذ بیشتر می شود. مقدار ضریب نفوذ در آماده سازی P₄ بیشتر از P₃، P₃ بیشتر از P₂ و آن هم بیشتر از P₁ می باشد.

تاثیر دما بر مقدار ضریب نفوذ در سطوح مختلف آماده سازی بررسی شد و نتایج آن از معادله آرنیوس پیروی می کند. همانطور که جدول (6) نشان می دهد، مقدار R² تمامی مدلها از 95% بالاتر میباشد که نتیجه برازش خوب معادله آرنیوس است. در همان جدول مقدار انرژی فعال سازی محاسبه شده، نیز آمده است. مقدار انرژی فعال سازی در روش آماده سازی P₄ از روشهای دیگر آماده سازی کمتر می باشد. علت آن، تاثیر بیشتر این ماده آماده سازی در حل شدن پوسته مومی و دیواره سلولی حبه های انگور می باشد، که سبب می شود مقدار این انرژی کاهش یابد.



شکل 4 تاثیر روش آماده سازی بر روند تغییرات رطوبت انگور بیدانه قرمز در دمای 70 درجه سانتی گراد



شکل 5 تاثیر روش آماده سازی بر روند تغییرات آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز در دمای 70 درجه سانتی گراد

جدول 3 آزمون مقایسه میانگین زمان خشک شدن (دقیقه) انگور بیدانه قرمز (دانکن 1%)

روش آماده سازی محصول				دما (°C)
P ₄	P ₃	P ₂	P ₁	
R ¹ 362	U ¹ 974	V ² 407	W ⁴ 315	50
J ¹ 631	K ⁶ 689	P ⁹ 29	T ¹ 437	60
E ⁴ 44	F ⁴ 81	G ⁵ 12	K ⁶ 80	70
A ² 70	A ² 71	B ² 96	C ³ 34	80
C ³ 27	D ⁴ 02	F ⁴ 78	H ⁵ 27	80-70
F ⁴ 92	I ⁵ 47	M ⁷ 42	O ⁸ 52	80-60
L ⁷ 18	N ⁸ 35	Q ¹ 148	S ¹ 420	80-50

حروف مشابه نشانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح 1% می باشد.

جدول 5 مقادیر ضرایب نفوذ انگور بیدانه قرمز در دماها و روشهای آماده سازی تحت بررسی

آماده سازی P ₁		آماده سازی P ₂		آماده سازی P ₃		آماده سازی P ₄		دما (°C)
R ²	$\frac{D}{r^2} \times 10^6$ (S ⁻¹)	R ²	$\frac{D}{r^2} \times 10^6$ (S ⁻¹)	R ²	$\frac{D}{r^2} \times 10^6$ (S ⁻¹)	R ²	$\frac{D}{r^2} \times 10^6$ (S ⁻¹)	
0/996	1/25	0/983	2/03	0/975	2/70	0/994	4/22	50
0/947	3/71	0/999	5/91	0/970	8/61	0/999	8/78	60
0/981	8/10	0/998	10/3	0/992	12/50	0/997	14/52	70
0/990	16/89	0/993	17/9	0/992	20/93	0/999	22/12	80

جدول 6 برازش ضرایب نفوذ با معادله آرنیوس و مقدار انرژی فعالسازی انگور بیدانه قرمز

آماده سازی	مدل	R ²	انرژی فعال سازی (kJ/kg)
P ₁	$\ln \frac{D}{r^2} = 3.42 - \frac{9826.5}{T}$	0/995	4538/8
P ₂	$\ln \frac{D}{r^2} = 3.26 - \frac{8119.6}{T}$	0/977	3750/4
P ₃	$\ln \frac{D}{r^2} = 3.19 - \frac{7479.1}{T}$	0/956	3454/5
P ₄	$\ln \frac{D}{r^2} = 3.04 - \frac{6265.5}{T}$	0/989	2893/9

4- نتیجه گیری

با بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از تحقیق، موارد زیر نتیجه گیری و توصیه می گردد:

- 1- متغیرهای دما و روش آماده سازی محصول، اثرات بسیار معنی داری بر روی زمان و آهنگ خشک شدن دارند. همچنین کلیه اثرات متقابل بین متغیرهای دما و روش آماده سازی محصول بر زمان و آهنگ خشک شدن بسیار معنی دار می باشند.
- 2- تاثیر روش آماده سازی بر فرایند خشک شدن انگور بسیار زیاد می باشد. در میان آماده سازیهای مورد استفاده در آزمایش، روش آماده سازی با هیدروکسید سدیم 0/5% در دمای 93

درجه سانتی گراد (P₄) نسبت به بقیه تاثیر بیشتری بر تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن نشان می دهد.

3- تاثیر روش آماده سازی با کربنات پتاسیم 5% و 0/4% روغن زیتون (P₃)، بیشتر از روش آماده سازی با آب داغ (P₂) بر تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن می باشد.

4- تاثیر دما بر فرایند خشک کردن انگور بسیار زیاد است و افزایش آن موجب کاهش زمان و افزایش آهنگ خشک شدن می شود. بطوروری که با افزایش دما از 50 به 60 درجه سانتی گراد، زمان خشک شدن بیش از 54 درصد کاهش می یابد.

5- در مقایسه انجام شده در دمای دو مرحله ای نتیجه گیری شد که با تغییر دما در مرحله دوم به 50 درجه سانتی گراد، بطور متوسط بیش از 47 درصد زمان خشک شدن را نسبت به دمای 50 درجه سانتی گراد کاهش می دهد. این تاثیر با افزایش دما در مرحله دوم کمتر می گردد.

6- با افزایش دما در تمامی روشهای آماده سازی، مقدار ضریب نفوذ بیشتر می شود. مقدار ضریب نفوذ در روش آماده سازی با هیدروکسید سدیم 0/5% در دمای 93 درجه سانتی گراد (P₄) بیشتر از سایر روش های آماده سازی می باشد.

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

- [4] 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.
- [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] Ramhormozian, S. 2000. Determination of the effect of pretreatment and parameters of drying on some qualities of raisin. M. Sc. Thesis. Azad University. Tehran. (in farsi)
- [7] 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.
- [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] 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.
- [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] Tavakkolipour, H. 2001. *Drying of foods, principles & methods*. Ayeeg publishers. (in farsi)

8- مقدار انرژی فعال سازی تیمارهای آزمایش بین 2893/9 و 4538/8 کیلوژول بر کیلو گرم متغیر می‌باشد.

5- نمادها

DM = جرم ماده خشک (kg)
 m^2/s = ضریب نفوذ
 M_d = وزن نمونه خشک (%db)
 M_e = رطوبت تعادلی (%db)
 M_o = رطوبت اولیه (%db)
 M_w = وزن نمونه تر (kg)
 MR = رطوبت بی بعد
 T = دما ($^{\circ}K$)
 r = شعاع (m)

6- منابع

- [1] Zarrabi, M. 1998. Determination of the design parameters in drying grape. M. Sc. Thesis. Tarbiat modarres University. Tehran. (in farsi).
- [2] Gholami porshokohi, M., Minaei, S., Borghei, A. M and Basiri, A. 2007. Influence of Temperature, Air velocity and Pretreatments on Drying of Thompson seedless Grape. *Journal of Agricultural Engineering Research*. Vol 8 (4). 65-79. (in farsi).
- [3] 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.

Influence of two-temperature and pretreatments on drying of black currant grape influence of pretreatments and dehydration methods on drying rate and time of black currant grape

Gholami, M. ^{1*}, Rashidi, M. ², Ranjbar, I. ¹, Abbasi, S. ³

1- Associate Professor, Agricultural Machinery Engineering, Islamic Azad Univ. Takestan branch

2- Assistant Professor, Agricultural Machinery Engineering, Islamic Azad Univ. Takestan branch

3- Agricultural Machinery Engineering, Islamic Azad Univ. Takestan branch.

(Received:87/12/21 Accepted: 89/2/5)

Drying is one of the most important steps in raisin processing. Achieving optimum drying conditions can affect the processing time and improvement of raisin quality. In this research, effect of two-temperature and pretreatments on time and drying rate of Black currant grape were studied. Drying was performed in two ways: In the first one, temperatures was constant at four levels of 50, 60, 70, and 80 °C and in the second one sample were placed at two temperatures. In the latter, samples were placed at 80 °C and when moisture content was reduced to 50%, temperature was set to 70, 60 and 50 °C. 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 comparing with drying time of constant temperature was decreased up to 67% for some pretreatment. Maximum and minimum activation energy were determined 2893.9, 4538.8 kj/kg.

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

* Corresponding author E-mail address: Gholamihassan@yahoo.com