تاثیر دما، سرعت جابجایی هوا و روش آماده‌سازی در فرایند خشک شدن انگور بیدانه قرمز

محمد غلامی پرشکوهی *[1]، مجید رشیدی [2]

1- استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

2- استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

چکیده

یکی از مهمترین مراحل فرآوری کشمش فرایند خشک کردن انگور می‌باشد. در این مرحله رطوبت اولیه محصول به 15 تا 17 درصد بر پایه خشک کاهش می‌یابد. دستیابی به شرایط بهینه در فرایند خشک کردن می‌تواند اثر مهمی بر زمان فرآوری و بهبود شاخصهای کیفی این محصول داشته باشد. پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوای گرم و روش آماده سازی محصول عوامل اصلی مؤثر بر فرایند خشک شدن انگور محسوب شده و نقش مهمی در کیفیت محصول نهایی ایفا می‌کنند.

در این تحقیق اثرات دما در چهار سطح 50، 60، 70 و 80 درجه سانتی‌گراد، سرعت جابجایی هوای گرم در سه سطح 1، 2 و3 متر بر ثانیه و روش آماده‌سازی محصول در چهار سطح بدون آماده‌سازی، آماده سازی با آب داغ، آماده سازی با کربنات پتاسیم 5% و 0/4% روغن زیتون و آماده سازی با هیدروکسید سدیم 0/5% بر روی زمان و آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر ضریب نفوذ و انرژی فعال‌سازی نیز تعیین شد.

نتایج بدست آمده 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 68% کاهش می‌دهد. افزایش دما نیز در برخی از روش‌های آماده‌سازی تا66/5% زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. افزایش سرعت جابجایی هوای گرم نیز می‌تواند تا حدود 8/3% زمان خشک شدن محصول را کاهش دهد.

کلید واژگان: انگور، آماده‌سازی، دما، سرعت جابجایی هوا، خشک شدن.

1- 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. کشمش سهم مهمی را درصادرات خشکبارکشور دارا می‌باشد. از کل سهم بازارجهانی کشمش، ایران پس از ترکیه، ایالات متحده آمریکا و آمریکای جنوبی در مقام چهارم کشورهای صادر کننده این محصول د ر دنیا قرار دارد نظر به اهمیت کشمش در صادرات، تعیین بهترین روش تهیه و تولید این محصول و

* مسئول مکاتبات: Gholamihassan@yahoo.com

1. Thompson seedless
2. Black currant
3. Muscat of Alexandariun

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]

عوامل مؤثر در مرغوبیت و ارتقای کیفیت آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است[1] .

در اکثر مناطق انگور خیز کشور، برای تهیه سنتی کشمش از ورزن یا بارگاه استفاده می‌شود و آن محیطی است که برای خشک‌کردن انگور در هوای آزاد بکار می‌رود. محوطه این بارگاه باید دور از جاده‌های خاکی و یا اصطبل حیوانات باشد. در این روش مدت زمان لازم برای خشک‌کردن طولانی است و مواد زائد مخصوصا گرد و خاک به آن اضافه می‌شود و در برخی مناطق که پاییز زودرس دارند کیفیت کشمش کاهش می‌یابد و در اثر پوسیدگی از بین می‌رود. کنترل کیفیت کشمش در این روش غیر عملی است و دلیل آن هم تابش اشعه ماوراء بنفش خورشید به حبه‌ها است که سبب تجزیه قند حبه‌ها می‌شود.

امروزه 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[4] (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 خشک‌کن با جریان هوای داغ طراحی و ساخته شود. 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 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[1، 2 و3] . بررسی پارامترهای آماده‌سازی، دما و سرعت جابجایی هوا بر شدت خشک‌شدن انگور بی‌دانه سفید مرغوب، توسط ضرابی انجام شد. او از میان محلول‌های آماده‌سازی بکار برده شده، محلول 5 درصد کربنات پتاسیم با 2 درصد روغن سبزه با زمان تماس 5 دقیقه را پیشنهاد کرد و دمای 65 درجه سانتی‌گراد بهترین دما برای خشک‌شدن انگور سفید پیشنهاد شد[1] .

وازکوز[5] 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 $(1/2\text{-}2/8) * 10^{-10} m^2 s^{-1}$ تعیین شد[4] .

اثرات روشهای آماده‌سازی بر روی روند خشک‌کردن انگور و شاخصهای کیفی فرآورده نهایی توسط پنگوانه[6] 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[5] .

مقایسه روشهای آماده‌سازی انگور و اثرات آنها بر روی رنگ فرآورده نهایی توسط مکلیلان[7] و همکاران انجام گردید. آزمایشها نشان می‌دهد که آماده‌سازی با عسل باعث ایجاد رنگ زرد در فراورده نهایی می‌گردد و رنگ روشن‌تری نسبت به محلول سولفوریک دارد[6] .

اثرات تیمارهای آماده‌سازی بر روی شدت خشک‌کردن انگور بی‌دانه توسط دویماز و پالا[8] بررسی گردید. نتیجه آزمایشها نشان داد که آهنگ خشک‌شدن انگور در تیمار محلول کربنات پتاسیم (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[7] .

اثرات دما، سرعت جابجایی هوا در خشک‌کن و تیمارهای آماده‌سازی بر روی آهنگ فرایند خشک‌کردن انگور بی‌دانه و شاخصهای کیفی فرآورده نهایی در خشک‌کن‌های خورشیدی توسط از[9]و همکاران بررسی شد. آزمایشهای انجام شده نشان داد که شرایط بهینه در خشک‌کردن انگور عبارتند از: دمای هوا در داخل خشک‌کن 60 درجه، سرعت جابجایی هوا بین 0/25 و 0/5 متر بر ثانیه و آماده‌سازی در محلول 2/5 درصد کربنات پتاسیم و 2 درصد روغن سولتافین[2] .

2- مواد و روشها

2-1- مواد

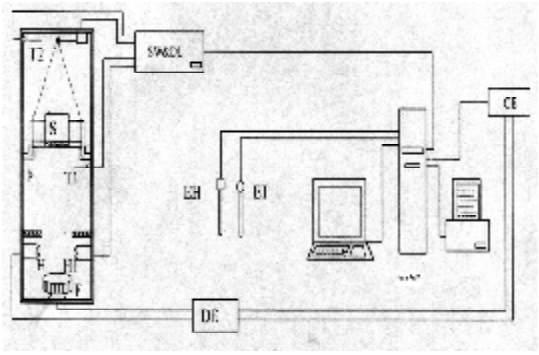
4. Forced (air) convection
5. Vazquez
6. Pangavhane
7. Mclellan
8. Doymaz and Pala
9. Eissen

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]

آزمایشها بر روی انگور بیدانه قرمز انجام شد. انگور مورد نیاز از منطقه تاکستان قزوین تهیه شد. رطوبت اولیه انگور در حدود (72-68) درصد و قطر دانه‌های آن در حدود 1/5-1/2 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 کیلن[4]) 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 (شکل 1). ابعاد هر کدام از خشک‌کن‌ها عبارت است از طول و عرض 40 سانتی‌متر و ارتفاع 165 سانتی‌متر. 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 زیر المنتها قرار دارد کنترل می‌شود. میزان هوا دهی این دمنده‌ها در محدوده 220-180 متر مکعب بر ساعت توسط یک دیمر 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 دمای هوا را قبل و بعد از تماس با نمونه‌های آزمایش اندازه‌گیری می‌نماید. عملیات داده‌برداری در فواصل زمانی30 دقیقه به وسیله یک ترازوی دیجیتال با دقت $0/01 \pm$ گرم انجام و نتایج آن از ابتدا تا انتهای آزمایش ثبت گردید.

برای اندازه‌گیری سرعت جابجایی هوای گرم در خشک‌کن از دستگاه سرعت‌سنج هوا[5] مدل AM-4201 شرکت لوترون[6] استفاده شد. این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری سرعت عبور هوا تا 20 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 شد. پس از آن با استفاده از دیمر مربوطه به دمنده دستگاه خشک‌کن، سرعت عبور هوا به میزان دلخواه تنظیم می‌شد.



شکل 1 طرح خشک کن آزمایشگاهی

(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. (P) پارافین.

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 150 میلی بار، دماسنج جیوه‌ای، رفراکتومتر[1]، پتری‌دیش، ظروف پلاستیکی و هیتر برقی.

مواد شیمیایی مورد نیاز عبارتند از: کربنات پتاسیم، هیدروکسید سدیم و روغن زیتون.

2-2- روشها

2-2-1- آزمایشات خشک‌کردن

در این تحقیق اثر عوامل مختلف شامل آماده‌سازی، سرعت جریان و دمای هوای گرم خشک‌کن، بر انگور بیدانه قرمز مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل، آماده‌سازی در

1. Refractometer

4. Kiln dryer
5. Anemometer
6. Lutron

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]

چهار سطح، دما در 4 سطح و سرعت هوا در 3 سطح بود. تیمارهای آماده‌سازی بکار گرفته‌شده عبارتند از:

1-تیمار شاهد (بدون آماده‌سازی) [P_1] 2- تیمار آب داغ در دمای 95 درجه سانتی‌گراد و زمان 150 ثانیه (P_2) [8] .3- تیمار کربنات پتاسیم 5 درصد و 0/4 درصد روغن زیتون در دمای محیط و زمان 5 دقیقه (P_3) [1] .4- تیمار هیدروکسید سدیم 0/5 درصد در دمای 93 درجه سانتی‌گراد و زمان 5 ثانیه و شستشو با آب سرد حدود 5 دقیقه (P_4) [5] .

متغیر دمای خشک‌کن در چهار سطح 50، 60، 70 و 80 درجه سانتی‌گراد و متغیر سرعت هوا نیز دارای سه سطح 1، 2 و 3 متر بر ثانیه بود. پس از آماده سازی، انگورها به مدت 2 ساعت در دمای محیط قرار داده شدند تا به حالت تعادل با محیط برسند. سپس حدود 125-120 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 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 می‌یافت. آزمایشها در سه تکرار (طرح آماری کامل تصادفی در قالب فاکتوریل) 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 یک ترازو با دقت 0/01 ± گرم توزین شدند. سپس با استفاده از آون تحت خلا در دمای 70 درجه سانتی‌گراد و فشار 150 میلی بار به مدت 8 ساعت قرار داده شدند[9] . پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها مجددا توزین شدند. سپس با استفاده از رابطه (1) مقدار رطوبت 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 (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.

(1)

$$M = \frac{M_w - M_d}{M_d}$$

2-2-2- 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 (30 دقیقه) تقسیم می‌شود[10] . 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 میزان حدودا 16 درصد بر پایه خشک می‌باشد[11، 12 و 13].

2-2-3- تعیین ضریب نفوذ پذیری و انرژی فعال‌سازی

قانون فیک اغلب برای توصیف پدیده نفوذ رطوبت بکار می‌رود و در زمانی که شکل محصول به صورت کره فرض شود به صورت زیر می‌باشد:

(2)

$$MR = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \frac{6}{p^2}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^2}\exp(-\frac{n^2 D p^2}{r^2}t)$$

ضریب نفوذ از شیب خط حاصل از رسم رطوبت بی بعد ($MR = \frac{M - M_e}{M_o - M_e}$) 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 فعال‌سازی[1] نیز از شیب خط حاصل از لگاریتم $\frac{D}{r^2}$ بر حسب $\frac{1}{T}$ محاسبه شد[14 و 15] . در رابطه (2) M_e ، رطوبت تعادلی می‌باشد که مقدار آن از منحنی‌های همدما تعیین می‌گردد[16] .

1. Activation Energy

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]

3- نتایج و بحث

3-1- فرایند خشک کردن انگور بیدانه قرمز

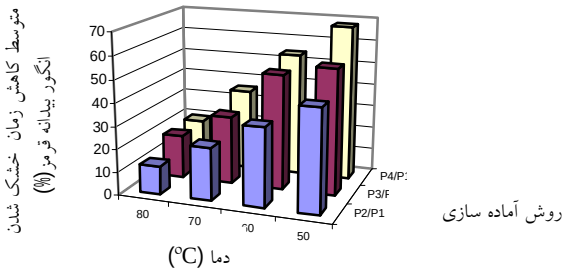
نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشات اندازه‌گیری زمان و متوسط آهنگ خشک کردن انگور بیدانه قرمز در جداول (1) و (2) آورده شده است. از تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده نتیجه گیری شد که تغییر پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوا و روش آماده سازی محصول اثرات بسیار معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن در سطح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

با توجه به مقایسه میانگینها، ملاحظه می‌شود که افزایش دما در کلیه سطوح سرعت هوا و روش های آماده‌سازی محصول موجب تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن انگور می‌گردد. همچنین آماده‌سازی محصول در تمامی دماها موجب تسریع معنی‌دار آهنگ و کاهش زمان خشک شدن انگور می‌شود. سرعت جابجایی هوا در تمامی دماها جز دمای 80 درجه سانتی‌گراد نیز موجب تسریع معنی‌دار آهنگ و کاهش زمان خشک شدن انگور می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که افزایش دمای خشک کن در مقایسه با سرعت جابجایی هوا تاثیر بیشتری بر کاهش زمان و تسریع آهنگ خشک شدن نشان می‌دهد.

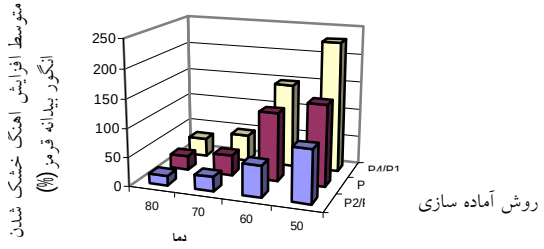
در بررسی تاثیر پارامترهای فرایند بر زمان و آهنگ خشک شدن، اثر تیمارهای آماده‌سازی، دما و سرعت هوا نسبت به یکدیگر سنجیده شده است که در بخش‌های بعدی خواهد آمد.

3-1-1- تاثیر آماده سازی بر آهنگ و زمان خشک شدن انگور بیدانه قرمز

تاثیر روش آماده سازی بر زمان و آهنگ خشک شدن در دماها و سرعت‌های جابجایی تحت بررسی در جدول (3) آورده شده است. لازم به ذکر است که کلیه تیمارها با تیمار شاهد مقایسه شده اند. بر این اساس در کلیه دماها و سرعت‌ها، 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. همچنین در تمامی سرعت‌های جابجایی هوا اثر تیمار آماده‌سازی نسبت به تیمار شاهد در کاهش زمان خشک شدن و افزایش آهنگ خشک شدن، با کاهش دما بیشتر می‌شود. نحوه تاثیر آماده‌سازی بر آهنگ و زمان خشک شدن در شکل‌های (2) و (3) نشان داده شده است. به عنوان نمونه برای نشان دادن تاثیر روش آماده سازی، منحنی تغییرات رطوبت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد و سرعت جابجایی هوا 2 متر بر ثانیه در شکل (4) نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، روش آماده سازی P_4 موجب کاهش زمان خشک کردن می‌گردد. این مساله برای آهنگ خشک شدن در شکل (5) نشان داده شده است. سریعترین آهنگ خشک شدن مربوط به آماده سازی P_4 می‌باشد.

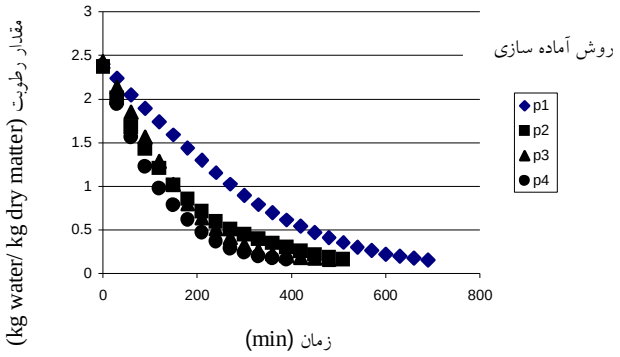


شکل 2 مقایسه تاثیر روش آماده‌سازی بر کاهش زمان

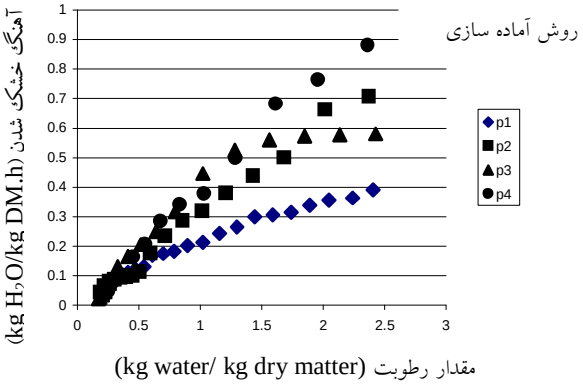


شکل 3 مقایسه تاثیر روش آماده‌سازی بر تسریع آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]



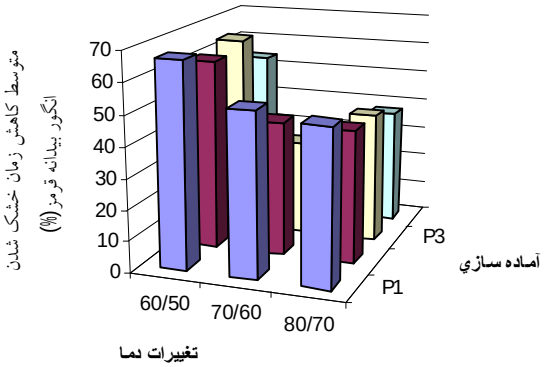
شکل 4 تاثیر روش آماده سازی بر روند تغییرات رطوبت انگور بیدانه قرمز در دمای 70 درجه سانتی‌گراد و سرعت جابجایی هوای 2 متر بر ثانیه



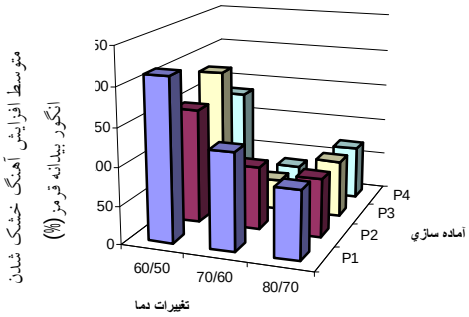
شکل 5 تاثیر روش آماده سازی بر روند تغییرات آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز در دمای 70 درجه سانتی‌گراد و سرعت جابجایی هوای 2 متر بر ثانیه

3-1-2- تاثیر دما بر آهنگ و زمان خشک شدن انگور بیدانه قرمز

نتایج بدست آمده از جدول (4) نشان می‌دهد که در تمامی آماده سازی‌ها 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 در اغلب موارد حتی تا بیش از 54 درصد زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. علت آن را می‌توان در این جستجو 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. این پدیده با استفاده از داده‌های جدول (4) در شکلهای (6) و (7) نیز نشان داده شده است.



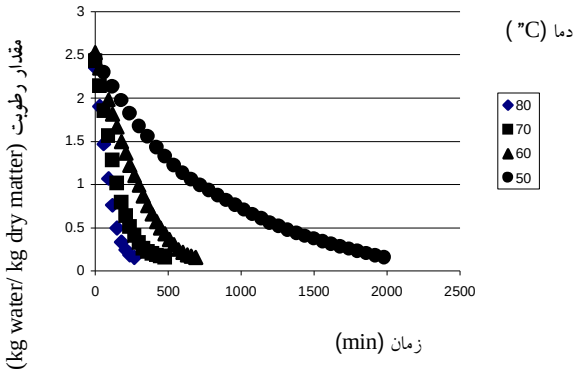
شکل 6تاثیر تغییرات دما بر کاهش زمان خشک شدن انگور **بیدانه** قرمز



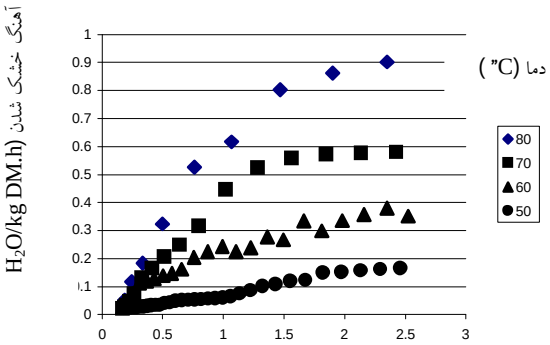
شکل 7 مقایسه تاثیر دما بر تسریع آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز

به عنوان نمونه برای نشان دادن تاثیر تغییرات دما، منحنی تغییرات رطوبت در روش آماده سازی P_3 و سرعت جابجایی هوای 2 متر بر ثانیه در شکل (8) 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(9) نشان داده شده است. سریعترین آهنگ خشک شدن مربوط به دمای 80 درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]



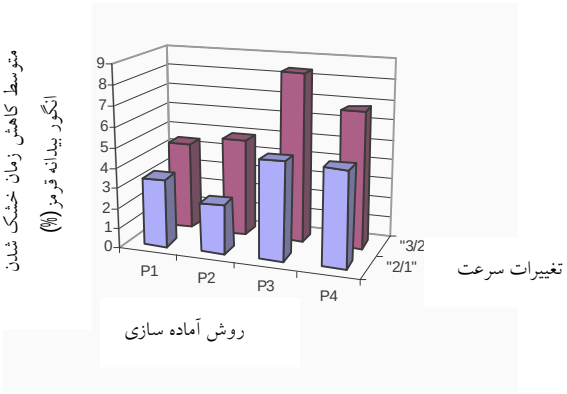
شکل 8 روند تغییرات رطوبت انگور بیدانه قرمز ناشی از تغییرات دما در روش آماده سازی P_3 و سرعت جابجایی هوای 2 متر بر ثانیه



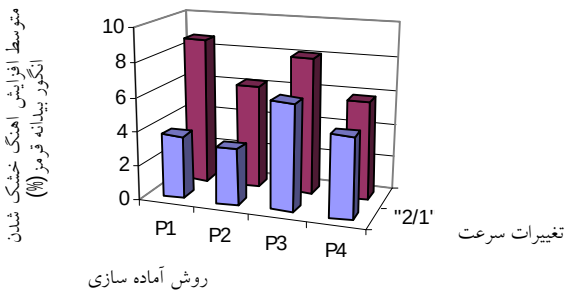
شکل 9 روند تغییرات آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز ناشی از تغییرات دما در روش آماده سازی P_3 و سرعت جابجایی هوای 2 متر بر ثانیه

3-1-3- تاثیر سرعت بر آهنگ و زمان خشک شدن انگور بیدانه قرمز

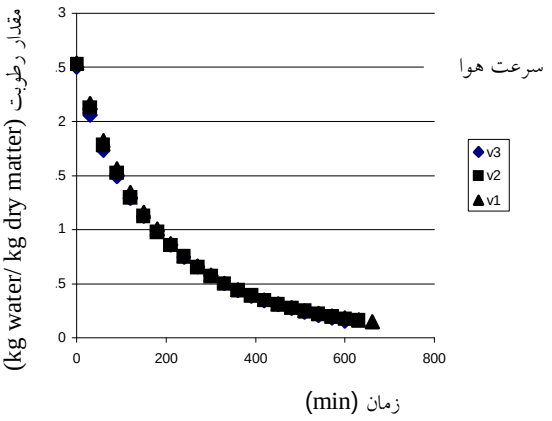
با افزایش سرعت جابجایی هوای گرم، آهنگ خشک شدن سریعتر شده و مدت زمان خشک شدن کاهش می‌یابد. با توجه به جدول (5) ملاحظه می‌گردد که در تمام روش های آماده سازی‌ها افزایش سرعت از 2 به 3 متر بر ثانیه دارای بیشترین تاثیر در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن می‌باشد. این نتایج با استفاده از داده‌های جدول (5) در شکلهای (10) و(11) نشان داده شده است. بعنوان نمونه، تاثیر سرعت جابجایی هوای گرم در دمای 60 درجه سانتی‌گراد و روش آماده سازی P_4 بر فرایند خشک شدن انگور بیدانه قرمز در شکل‌های(12) و(13) نشان داده شده است.



شکل 10 مقایسه تاثیر تغییرات سرعت هوا بر کاهش زمان خشک شدن انگور بیدانه قرمز

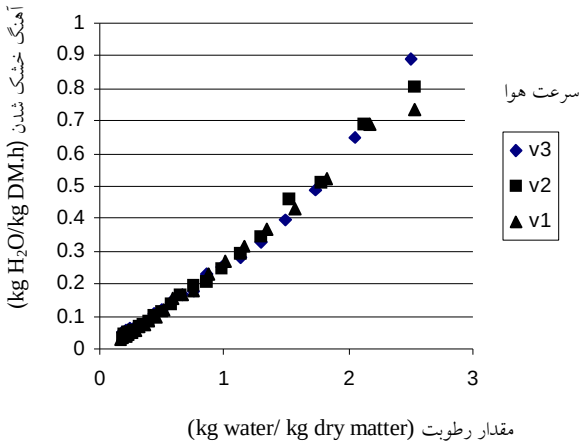


شکل 11 مقایسه تاثیر تغییرات سرعت هوا بر تسریع آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز



شکل 12 تاثیر سرعت جابجایی هوا بر روند تغییرات رطوبت انگور بیدانه قرمز در دمای 60 درجه سانتی‌گراد و روش آماده سازی P_4

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]

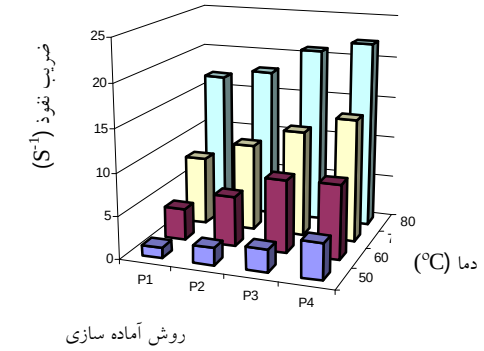


شکل 13 تاثیر سرعت هوا بر روند تغییرات آهنگ خشک شدن انگور بیدانه قرمز در دمای 60 درجه سانتی‌گراد و روش آماده سازی P_4

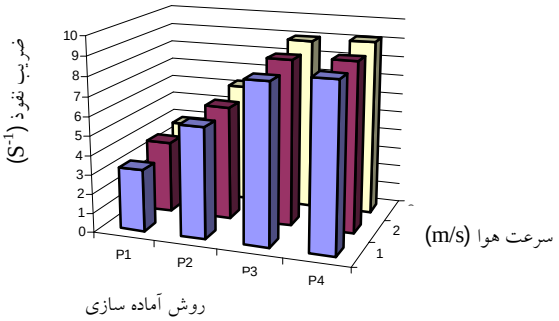
3-2- تعیین ضریب نفوذ پذیری انگور بیدانه قرمز

مقادیر ضرایب نفوذ در سطوح مختلف دما، سرعت هوا ، آماده سازی در جدول (6) آمده است. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود با افزایش دما در تمامی آماده سازی‌ها و سرعت‌ها مقدار ضریب نفوذ بیشتر می‌شود. همچنین مقدار ضریب نفوذ با افزایش سرعت هوا افزایش می‌یابد. مقدار ضریب نفوذ در آماده سازی P_4 بیشتر از P_3، P_3 بیشتر از P_2 و آن هم بیشتر از P_1 می‌باشد که در شکلهای (14) و (15) مشاهده می‌شود.

تاثیر دما بر مقدار ضریب نفوذ در سطوح مختلف سرعت هوا و آماده سازی بررسی شد و نتایج آن از معادله آرنیوس پیروی می‌کند. همانطور که جدول (7) نشان می‌دهد، مقدار R^2 تمامی مدلها از 95% بالاتر می‌باشد که نتیجه برازش خوب معادله آرنیوس است. در همان جدول مقدار انرژی فعال‌سازی محاسبه شده، نیز آمده است. مقدار انرژی فعال سازی در روش آماده سازی P_4 از روشهای دیگر آماده سازی کمتر می‌باشد.



شکل 14 تاثیر دما و روش آماده سازی بر ضریب نفوذ انگور بیدانه قرمز در سرعت جابجایی هوا 2 متر بر ثانیه



شکل 15 تاثیر سرعت جابجایی هوا و آماده سازی بر ضریب نفوذ انگور بیدانه قرمز در دمای 60 درجه سانتی‌گراد

4- نتیجه‌گیری

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

1- متغیر های دما، سرعت جابجایی هوا و روش آماده سازی محصول، اثرات بسیار معنی‌داری بر روی زمان و آهنگ خشک شدن دارند. همچنین کلیه اثرات متقابل بین متغیرهای دما، سرعت هوا و روش آماده سازی محصول بر زمان و آهنگ خشک شدن بسیار معنی‌دار می‌باشند.

2- 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 0/5% در دمای 93 درجه سانتی‌گراد (P_4)نسبت به بقیه تاثیر بیشتری بر تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن نشان می‌دهد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]

3- تاثیر روش آماده سازی با کربنات پتاسیم 5% و 0/4% روغن زیتون (P_3)، بیشتر از روش آماده سازی با آب داغ (P_2) بر تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن می‌باشد.

3- 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 50 به 60 درجه سانتی‌گراد، زمان خشک شدن بیش از 54 درصد کاهش می‌یابد.

4- در تمام روشهای آماده سازی، افزایش سرعت از 2 به 3 متر بر ثانیه دارای بیشترین تاثیر در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن انگور بیدانه قرمز می‌باشد.

4- با افزایش دما و سرعت هوا، در تمامی روشهای آماده سازی، مقدار ضریب نفوذ بیشتر می‌شود.

5- مقدار ضریب نفوذ در روش آماده سازی با هیدروکسید سدیم 0/5% در دمای 93 درجه سانتی‌گراد (P_4) بیشتر از سایر روش های آماده سازی می‌باشد.

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

7- مقدار انرژی فعال سازی بین 2859/7 و 4537/2 $\frac{kJ}{kg}$ متغیر می‌باشد.

5- منابع

[1] Zarrabi, M. 1998. Determination of the design parameters in drying grape. M. Sc. Thesis. Tarbiat modarres University. Tehran. (in farsi)

[2] Eissen, W., Muehlbauer, W. and kutzbach, H.D. 1985. Solar drying of grape. Drying Technology. 3(1): 63-74.

[3] Berna, A., Rossello, C., Canellas, J. and Mulet A. 1991.Drying kinetics of a Majorican seedless grape Varity. Drying Technology, 91: 455-462.

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

[6] Mclellan, M.R., Kime, R.W., Lee. C.Y. and Long, T.M. 1995. Effect of honey as an antibrowning agent in light raisin processing. Journal of food processing and preservation, 19(1): 1-8.

[7] 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.

[8] 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)

[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] Canovas, V.G. and Mercado, H.V. 1996. Dehydration of Food. Chapman and Haill Publishers. New York, U.S.A

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

[12] 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.

[13] 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.

[14] Tavakkolipour, H. 2001. Drying of foods, principles & methods. Ayeeg publishers. (in farsi)

[15] Alverza, P.L. and Leges, P. 1986. A semi-theoretical model for the drying of Thompson seedless grape. Drying Technology, 4 (1): 1-17.

[16] Gholami porshokohi. M., Borghei, A.M., Bassiri, S. and Minaie. S. Estimation of moisture desorption isotherms for Black currant raisins and determining the best appropriate model. Journals of agricultural science. Vol.12, no 3. Autumn 2006. (in farsi)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]

Influence of temperature, air velocity and pretreatments on drying of black currant grape

Gholami, M. [1 *], Rashidi, M. [2]

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

Drying is one of the most important steps in raisin processing. During this step, initial moisture content is decreased up to 15 – 17 percent (d.b) for suitable storage. Achieving optimum drying conditions can affect the processing time and improvement of raisin quality. Temperature, air velocity and pretreatment are important factors in grape drying process and its quality.

In this research, effect of the following conditions on time and drying rate of Black currant grape was studied: temperature at four levels of 50,60,70, and 80 ºC, air velocity at three levels of 1, 2 and 3 m/s, and four pretreatments including hot water, %5 potassium carbonate, %0.4 olive oil, %0.5 sodium hydracids and no pretreatment. Diffusivity and activation energy of all treatments were determined.

The results show that factors such as temperature, air velocity and pretreatment have significant effects on drying time and average drying rate. Pretreatment has a significant effect on drying process and decreases the time of drying up to 68 percent in some temperature levels. Also by increasing the temperature, drying time decreases up to 66.5 percent in some pretreatments. Increasing the hot air velocity decreases it about 8.3 percent.

Key Words: Grape, Pretreatment, Temperature, Air velocity, Drying.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-31]

*Corresonding Author Email address: Gholamihassan@yahoo.com