تأثیر دمای دو مرحله‌ای و روش آماده‌سازی در فرآیند خشک شدن انگور بیدانه سفید

محمد غلامی پرشکوهی [۱] * ، مجید رشیدی [۱] ، بابک بهشتی [۲] ، سعید عباسی [۳]

چکیده

یکی از مهم‌ترین مراحل تولید کشمش، فرآیند خشک کردن انگور می‌باشد. در این مرحله رطوبت اولیه‌ی حصول به ۱۵ تا ۱۷ درصد بر پایه خشک کاهش می‌یابد. در این تحقیق تأثیر 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، آماده‌سازی با آب داغ، آماده‌سازی با کربنات پتاسیم ۵٪ و ۰/۴٪ روغن زیتون و آماده‌سازی با هیدروکسید سدیم ۰/۵٪ انجام گرفت. نتایج بدست 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 دومرحله‌ای نسب به خشک کردن با دمای ثابت کم‌تر شده و در بعضی از آماده‌سازی‌ها تا ۶۱٪ کاهش می‌یابد. بیش‌ترین و کم‌ترین انرژی فعال‌سازی نیز به ترتیب بین ۴۰۶۵/۶ و ۳۰۱۵/۸ کیلوژول بر کیلوگرم تعیین شد.

کلمه‌های کلیدی: آماده‌سازی، انرژی فعالسازی، انگور، دمای دو مرحله‌ای، خشک کردن

۱- استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

۲- استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- مربی گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

* مسئول مکاتبه. Gholamihassan@Yahoo.Com

تاریخ دریافت : پاییز ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش : زمستان ۱۳۸۷

Archive of SID

www.SID.ir

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 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 (ضرابی، ۱۳۷۷). برای تهیه‌ی سریع کشمش با کیفیت بهتر که بدون 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 کار مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای کوتاه کردن مدت زمان خشک شدن و بالا بردن کیفیت کشمش حاصله، باید فرآیند 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 تأثیر می‌گذارند که بسته به رقم و شرایط محیطی منطقه، شدت اثرات این پارامترها متفاوت می‌باشد.

بررسی پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوا و روش آمادهسازی بر زمان و آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید انجام شد. نتایج نشان داد که پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوا و آماده‌سازی محصول اثرات معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن دارند. تأثیر روش آماده‌سازی بر فرایند خشک شدن انگور بسیار زیاد می‌باشد و در برخی دماها، زمان خشک شدن را تا ۶۹٪ کاهش می‌دهد. افزایش دما نیز در برخی از روش‌های آماده‌سازی تا ۶۶٪ زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. افزایش سرعت جابجایی هوای گرم نیز می‌تواند تا حدود ۸/۶٪ زمان خشک شدن محصول را کاهش دهد (غلامی‌پرشکوهی و همکاران، ۱۳۸۶).

تأثیر پارامترهای آماده‌سازی، دما و سرعت جابجایی هوا بر شدت خشک‌شدن انگور بیدانه سفید مرغوب، توسط ضرابی (۱۳۷۷) انجام شد. او از میان محلول‌های آماده‌سازی بکار برده شده، محلول ۵٪ کربنات پتاسیم با ۲٪ روغن سبزه با زمان تماس ۵ دقیقه را پیشنهاد کرد و دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد را، بهترین دما برای خشک‌شدن انگور سفید پیشنهاد نمود. اثرات تیمارهای آماده‌سازی بر روی شدت خشک‌کردن انگور بیدانه توسط

1- Thompson seedless
2- Black currant
3- Muscat of Alexandariun
4- Forced (air) Convection

Archive of SID

www.SID.ir

Doymaz And Pala (2002) بررسی شد. نتیجه آزمایش‌ها نشان داد که آهنگ خشک‌شدن انگور در تیمار محلول کربنات پتاسیم ۰/۵ کیلوگرم در ۱۰ لیتر آب و ۰/۲ کیلوگرم اتیل‌اولئات در دمای محیط و به مدت یک دقیقه، بیش‌تر از سایر تیمارها بود.

Vazquez et al (2000) آهنگ خشک شدن انگور (رقم Muscatel) را در دمای ۶۰ درجه‌سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲۲٪ با روش‌های آماده‌سازی مختلف تعیین کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که آماده‌سازی در مدت زمان ۳ دقیقه همراه محلول ۷٪ کربنات پتاسیم و روغن زیتون ۰/۴٪ در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد مدت زمان خشک‌کردن را از ۸۰ به ۲۰ ساعت کاهش می‌دهد. در این تحقیق مقدار ضریب نفوذ در محدوده $(1/2-2/8) \times 10^{-10} m^2 s^{-1}$ تعیین شد.

اثرات روش‌های آماده‌سازی بر روی روند خشک‌کردن انگور و شاخص‌های کیفی فرآورده نهایی توسط Pangavhane et al (1999) بررسی شد. آزمایش‌ها در یک خشک‌کن با دمای هوای ۶۰ درجه‌سانتی‌گراد و سرعت جابجایی ۰/۵ متر بر ثانیه و تیمارهای آماده‌سازی مختلف انجام شد. 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.

در این تحقیق تأثیر پارامترهای دما، دمای دو مرحله‌ای (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 دو مرحله‌ای مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد

آزمایش‌ها بر روی انگور بیدانه سفید (محصول منطقه تاکستان قزوین) انجام شد. رطوبت اولیه‌ی انگور در حدود ۷۵-۷۰ درصد بر پایه‌ی تر و قطر دانه‌های آن در حدود ۱/۳-۱/۱ سانتی‌متر بود. درصد قند متوسط انگور نیز ۲۶/۱۶٪ بود. انگورها در سردخانه و دمای حدود ۱ ± ۴ درجه سانتی‌گراد در مدت آزمایش نگهداری شدند.

Archive of SID

www.SID.ir

برای انجام عملیات خشک کردن از سه عدد خشک‌کن آزمایشگاهی ثابت (از نوع کیلن[1]) استفاده شد. این خشک‌کن‌ها ساخت کشور ایران بوده و در مجتمع تحقیقاتی عصر انقلاب (سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران) قرار دارند (شکل ۱). خشک‌کن‌های مورد استفاده برای خشک کردن میوه‌ها و سبزیجات مناسب بوده و دارای یک صفحه‌ی مشبک می‌باشند که جریان هوا به صورت متقاطع و از زیر به محصول در حال خشک‌شدن برخورد می‌کند. ابعاد هر کدام از خشک‌کن‌ها عبارت است از طول و عرض ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۶۵ سانتی‌متر و قسمت نمونه‌گیر دارای حدود ۱۰۰ سانتی‌متر فاصله از کف دستگاه و حدود ۶۰ سانتی‌متر فاصله تا سقف خشک‌کن بود. هر کدام از این خشک‌کن‌ها دارای دو منبع حرارتی مستقل می‌باشند که یکی به وسیله‌ی کامپیوتر و دیگری به صورت دستی کنترل می‌شود، جریان هوا توسط یک دمنده که در زیر المنت‌ها قرار دارد کنترل می‌شود. میزان هوادهی این دمنده‌ها در محدوده‌ی ۲۲۰-۱۸۰ متر مکعب بر ساعت توسط یک دیمر[2] قابل تنظیم می‌باشد. در فاصله‌ای حدود ۴۰ 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 می‌کنند.

برای اندازه‌گیری سرعت جابجایی هوای گرم در خشک‌کن از دستگاه سرعت‌سنج هوا [3] مدل AM-4201 شرکت لوترون[4] استفاده شد. این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری سرعت عبور هوا تا ۲۰ متر بر ثانیه را دارا می‌باشد. برای تنظیم سرعت هوای ورودی، ابتدا پروانه دستگاه سرعت‌سنج هوا در محل عبور هوا قرار داده و سرعت عبور هوا توسط دستگاه خوانده می‌شد. 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 رطوبت‌سنج مدل HT-3003 شرکت لوترون در طول آزمایش‌ها، 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 ۱۵۰ میلی‌بار، دماسنج جیوه‌ای، پتری‌دیش، ظروف پلاستیکی و هیتر برقی.

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

1- Kiln Dryer
2- Dimmer
3- Anemometer
4- Lutron

Archive of SID

www.SID.ir

روش‌ها

آزمایش‌های 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 ۴ 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 ۰/۴ ٪ روغن زیتون در دمای محیط و زمان ۵ دقیقه(P_3) (ضرابی، ۱۳۷۷). ۴- 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، ۶۰، 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، ۶۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد (در آزمایش‌های جداگانه) کاهش پیدا کرد. پس از آماده‌سازی، 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 سینی‌های خشک‌کن به صورت تک لایه قرار داده و سینی‌ها در داخل خشک‌کن گذاشته شدند. عملیات داده‌برداری (وزن‌کشی نمونه‌ها) در فواصل ۳۰ دقیقه توسط یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ ± گرم انجام و نتایج آن از ابتدا تا انتهای فرآیند ثبت شد. این عمل تا زمانی که رطوبت محصول به حدود ۱۵٪ برسد ادامه می‌یافت. آزمایش‌ها در سه تکرار (آزمایش فاکتوریل و طرح کاملاً تصادفی) اجرا شد و از خشک‌کن آزمایشگاهی ثابت استفاده شد.

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 خلاء در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵۰ میلی‌بار به مدت ۸ ساعت قرار داده شدند (Tsami et al., 1990). پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها دوباره توزین شدند. سپس با استفاده از رابطه‌ی ۱ رطوبت تعادلی نمونه بر مبنای خشک تعیین شد. با میانگین‌گیری از سه رطوبت بدست آمده، رطوبت تیمار آزمایش در پایان فرآیند آزمایش تعیین شد. پس از تعیین رطوبت تیمار در پایان آزمایش، وزن خشک تیمار از رابطه‌ی ۱ محاسبه شد 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.

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

Archive of SID

www.SID.ir

محاسبه آهنگ خشک‌شدن: برای محاسبه‌ی 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 میانگین‌گیری از مجموع اعداد بدست آمده در زمان‌های مختلف فرآیند، 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 اندازه‌گیری‌ها و متوسط آهنگ خشک شدن در این تحقیق، زمان رسیدن رطوبت انگور به ۱۶٪ بر پایه خشک می‌باشد (Tulasidas et al., 1993 ; Riva et al., 1983 ; Sawheny et al., 1999).

تعیین ضریب نفوذ پذیری و انرژی فعالسازی: ضریب نفوذ از شیب خط حاصل از رسم رطوبت بی‌بعد (MR=(M-Me)/(Mo-Me)) 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 شد. انرژی فعالسازی[۲] نیز از شیب خط حاصل از لگاریتم $\frac{D}{r^2}$ بر حسب $\frac{1}{T}$ محاسبه شد (توکلی‌پور، ۱۳۸۰ ; Tulasidas et al., 1993).

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش‌ها اندازه‌گیری زمان و متوسط آهنگ خشک کردن انگور بیدانه سفید در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. از تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده نتیجه‌گیری شد که تغییر پارامترهای دما و روش آماده‌سازی محصول اثرات معنی‌داری بر زمان و متوسط آهنگ خشک شدن در سطح ۱٪ دارند. همچنین اثر متقابل بین متغیرهای دما و آماده‌سازی محصول بر زمان و آهنگ خشک شدن در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشند. همچنین نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نیز در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

مقادیر ضرایب نفوذ در سطوح مختلف دما و آماده‌سازی در جدول ۵ آمده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود با افزایش دما در تمامی آماده‌سازی‌ها مقدار ضریب نفوذ بیش‌تر می‌شود. مقدار ضریب نفوذ در آماده‌سازی P_4 بیش‌تر از P_3، P_3 بیش‌تر از P_2 و آن هم بیش‌تر از P_1 می‌باشد.

۱- کیلوگرم آب به کیلوگرم ماده خشک در ساعت

2 - Activation Energy

Archive of SID

www.SID.ir

تأثیر دما بر مقدار ضریب نفوذ در سطوح مختلف آماده‌سازی بررسی شد و نتایج آن از معادله آرنیوس پیروی می‌کند. همان‌طور که جدول ۶ نشان می‌دهد، مقدار R_2 تمامی مدل‌ها از ۹۵٪ بالاتر می‌باشد که نتیجه‌ی برازش خوب معادله آرنیوس است و در همان جدول مقدار انرژی فعالسازی محاسبه شده، نیز آمده است.

بحث

با توجه به مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول‌های۳و۴)، ملاحظه می‌شود که افزایش دما در همه روش‌های آماده‌سازی محصول موجب تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن انگور می‌شود (در همه‌ی تحقیقات به آن اشاره شده است). بیش‌ترین تأثیر افزایش دما در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن مربوط به افزایش دمای خشک‌کن از ۵۰ به ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که در بیش‌تر موارد حتی تا بیش از ۵۳٪ زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. این تأثیر در آماده‌سازی P_1 بیش‌تر از P_3 و آن هم از P_2 و P_4 بیش‌تر است. همچنین تأثیر افزایش دمای خشک کن از ۶۰ به ۷۰ درجه سانتی‌گراد، در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن بیش‌تر از تأثیر افزایش دما از ۷۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۲). علت آن را می‌توان چنین بیان کرد که با افزایش دما، سطح رویی میوه‌ی به سرعت خشک شده و در آن ایجاد چروکیدگی می‌شود. 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، تأثیر افزایش دما در تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن متغیر بوده به‌طوری که در روش‌های آماده‌سازی P_1 و P_4 ، افزایش دمای مرحله دوم خشک کن از ۵۰ به۶۰ تأثیر بیش‌تری نسبت به ۶۰ به ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌گذارد. در روش‌های آماده‌سازی P_2 و P_3 این تغییر بر عکس می‌باشد. در مقایسه‌ی انجام شده در دمای دو مرحله‌ای نتیجه‌گیری شد که دمای دو مرحله‌ای با تغییر دما در مرحله دوم به ۵۰ درجه سانتی‌گراد به طور متوسط بیش از ۴۶٪ زمان خشک شدن را نسبت به دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد. این تأثیر در روش آماده‌سازی P_3 نسبت به بقیه روش‌های آماده‌سازی بیش‌تر و به مقدار ۶۱ درصد بود. همچنین با افزایش دما این تأثیر کم‌تر می‌شود.

به عنوان نمونه برای نشان دادن تأثیر تغییرات دما، منحنی تغییرات رطوبت در روش آماده‌سازی P_3 در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، افزایش دما موجب کاهش زمان خشک کردن می‌شود. این مسأله برای آهنگ خشک شدن در شکل ۴ نشان داده شده است. سریع‌ترین آهنگ خشک شدن مربوط به دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین با توجه به جدول مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول‌های ۳ و۴)، آماده‌سازی محصول در تمامی دماها موجب تسریع معنی‌دار آهنگ و کاهش زمان خشک شدن انگور می‌شود. ضرابی (۱۳۷۷)، غلامی پرشکوهی (۱۳۸۶) و Doymaz And Pala (2002) نیز در تحقیقات خود به آن اشاره داشتند. در همه‌ی دماها، روش آماده‌سازی P_4 نسبت به P_3 ، P_3 نسبت به P_2 و P_2 هم نسبت به P_1 تأثیر بیش‌تری بر روی تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن نسبت به بقیه تیمارها داشته است. علت آن تأثیر بیش‌تر آماده‌سازی P_4 در حل شدن پوسته‌ی مومی و دیواره سلولی می‌باشد. به عنوان نمونه برای نشان دادن تأثیر روش آماده‌سازی بر روی آهنگ و زمان خشک شدن، منحنی تغییرات رطوبت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۶ مقدار انرژی فعالسازی در روش آماده‌سازی P_4 از روش‌های دیگر آماده‌سازی کم‌تر می‌باشد. علت آن، تأثیر بیش‌تر این ماده آماده‌سازی در حل شدن پوسته‌ی مومی و دیواره‌ی سلولی حبه‌های انگور می‌باشد، که سبب می‌شود مقدار این انرژی کاهش یابد.

نتیجه‌گیری

با بررسی، تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از تحقیق، موارد زیر نتیجه‌گیری و توصیه می‌شود:

۱- تأثیر متغیرهای دما و روش آماده‌سازی محصول، بر روی زمان و آهنگ خشک شدن معنی‌دار است. همچنین همه‌ی اثرات متقابل بین متغیرهای دما و روش آماده‌سازی محصول بر زمان و آهنگ خشک شدن معنی‌دار می‌باشند.

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

۳- تأثیر روش آماده‌سازی با کربنات پتاسیم ۵٪ و ۰/۴٪ روغن زیتون (P_3)، بیش‌تر از روش آماده‌سازی با آب داغ (P_2) بر تسریع آهنگ و کاهش زمان خشک شدن می‌باشد.

۴- تأثیر دما بر فرآیند خشک کردن انگور بسیار زیاد است و افزایش آن موجب کاهش زمان و افزایش آهنگ خشک شدن می‌شود به طوری که با افزایش دما از ۵۰ به ۶۰ درجه سانتی‌گراد، زمان خشک شدن بیش از ۵۳٪ کاهش می‌یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

۵- در مقایسه‌ی انجام شده در دمای دو مرحله‌ای نتیجه‌گیری شد که با تغییر دما در مرحله دوم به ۵۰ درجه سانتی‌گراد، به طور متوسط بیش از ۴۶٪ زمان خشک شدن را نسبت به دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد. این تأثیر با افزایش دما در مرحله دوم کم‌تر می‌شود.

۶- با افزایش دما در تمامی روش‌های آماده‌سازی، مقدار ضریب نفوذ بیش‌تر می‌شود.

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

۸- تأثیر دما بر مقدار ضریب نفوذ در سطوح مختلف روش آماده‌سازی بررسی شد و نتایج آن از معادله‌ی آرنیوس پیروی می‌کند.

۹- مقدار انرژی فعالسازی تیمارهای آزمایش بین۳۰۱۵/۸ و $\frac{kJ}{kg}$ ۴۰۶۵/۶ متغیر می‌باشد.

نمادها

D = ضریب نفوذ (m^2/s)

M_d = وزن نمونه خشک (kg)

M_o = رطوبت اولیه (٪ db db)

MR = رطوبت بی‌بعد

T = دما (^oK)

M = مقدار رطوبت (٪db)

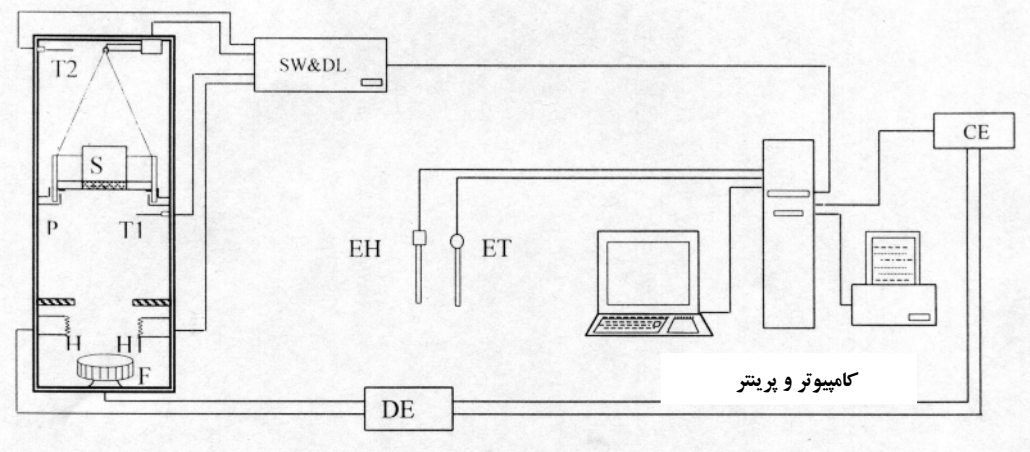
M_e = رطوبت تعادلی (٪db)

M_w = وزن نمونه تر (kg)

r = شعاع (m)

Archive of SID

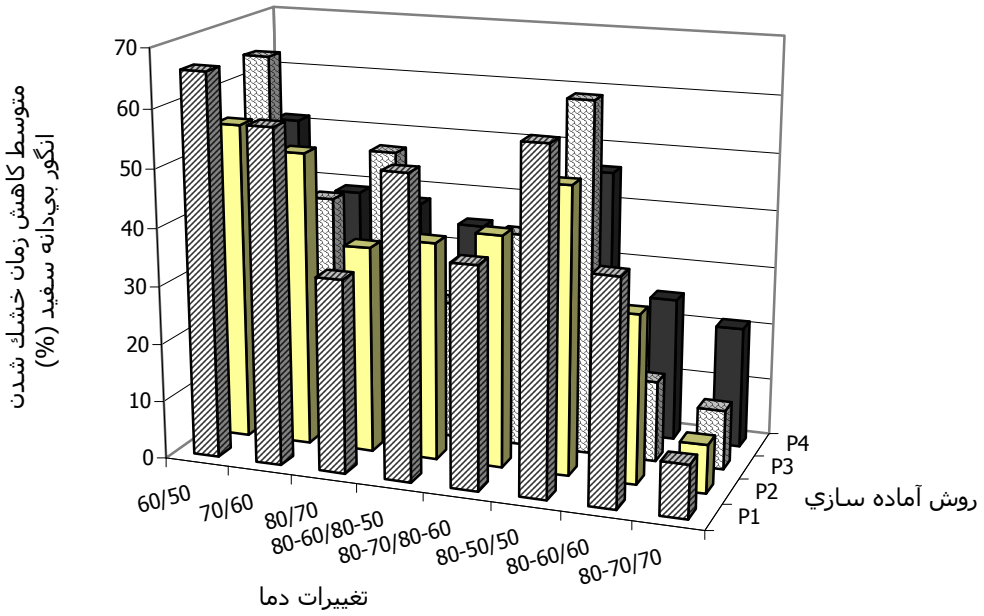
www.SID.ir



شکل ۱- طرح خشک کن آزمایشگاهی (ضرابی، ۱۳۷۷)

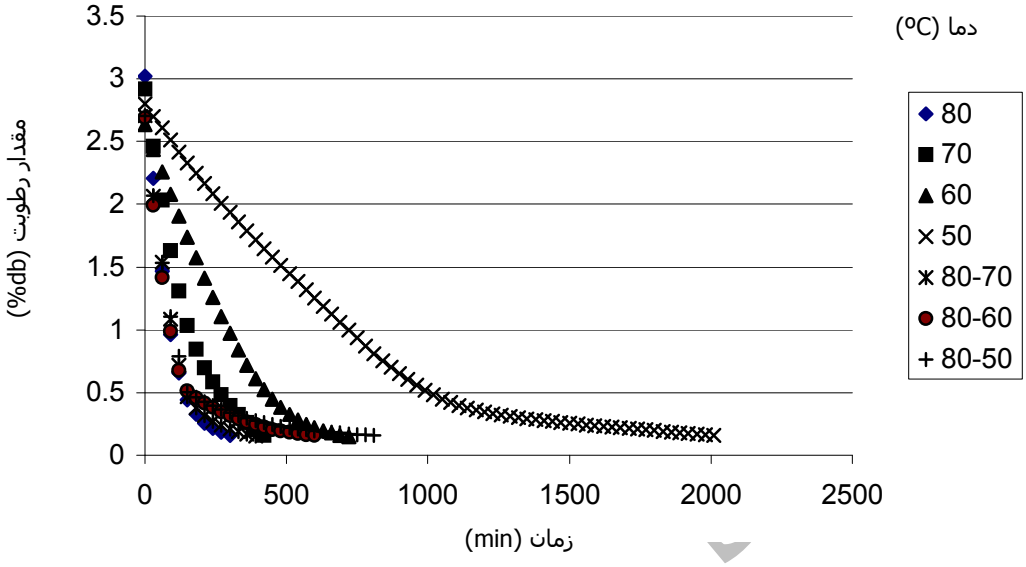
در این شکل:

(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) کلیدهای فرمان. (DL) ثبات داده‌ها (دیتالاگر). (CE) سیستم کنترل الکترونیکی. (DE) سیستم راه‌انداز الکترونیکی. (EH) حسگر اندازه‌گیری رطوبت محیط. (ET) حسگر اندازه‌گیری دمای محیط.

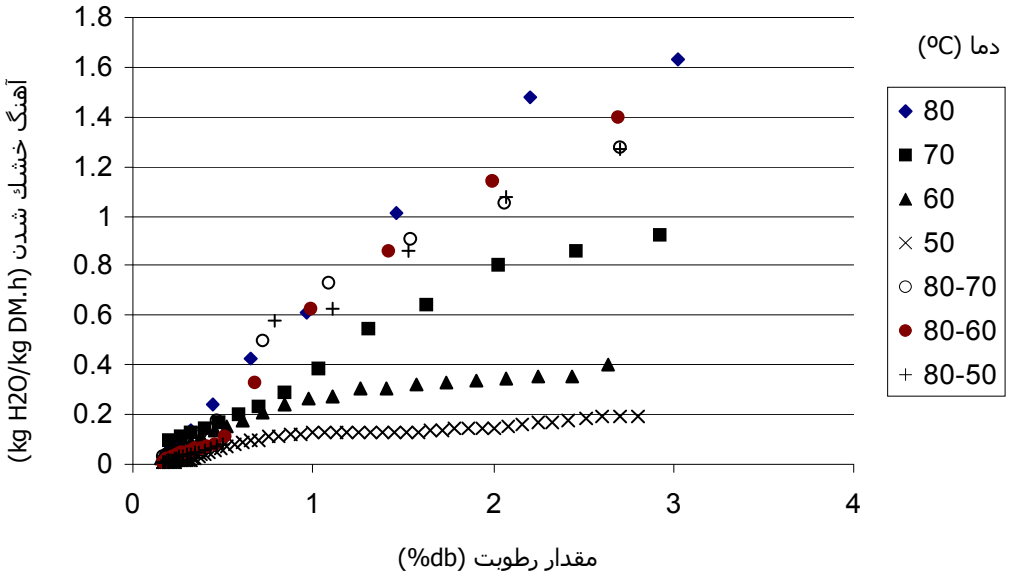


شکل ۲ - مقایسه تأثیر تغییرات دما در سطوح
تحت بررسی بر کاهش زمان خشک شدن انگور بیدانه سفید

www.SID.ir

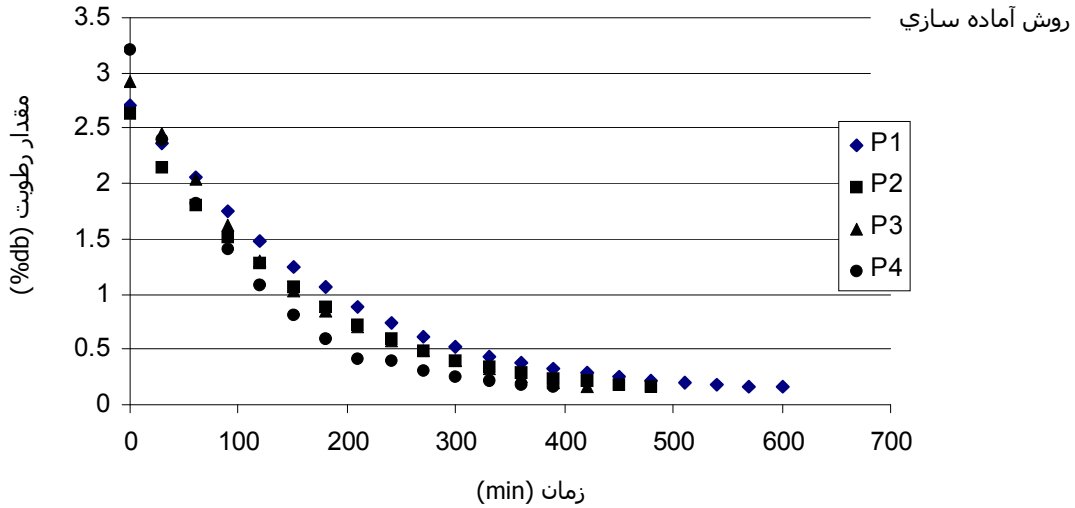


شکل ۳- روند تغییرات رطوبت انگور بیدانه سفید ناشی از تغییرات دما در روش آماده‌سازی P_3

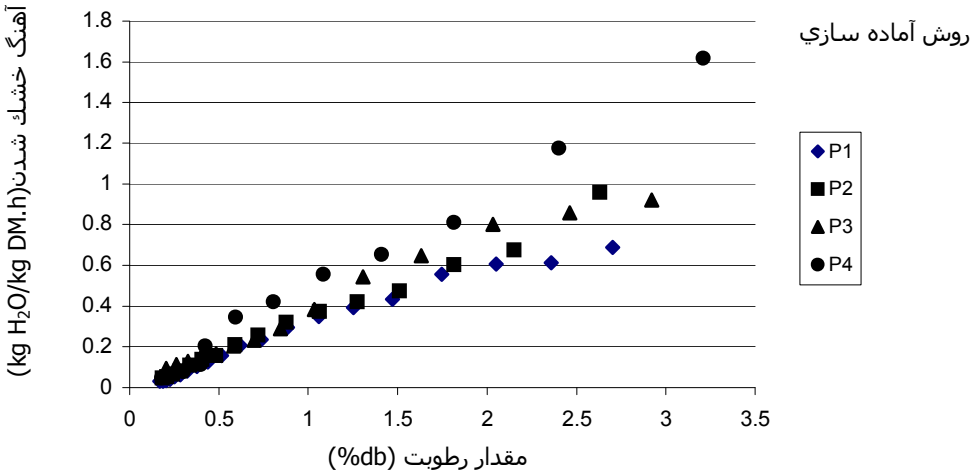


شکل ٤- روند تغییرات آهنگ خشک شدن انگور بیدانه سفید ناشی از تغییرات دما در روش آماده سازی P_3

www.SID.ir



شکل ۵- تأثیر روش آماده سازی بر روند تغییرات رطوبت انگور بیدانه سفید در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد



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

www.SID.ir

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌های زمان خشک شدن انگور بیدانه سفید

منابع تغییر	درجه آزادی	SS	MS	F
دما	۶	۳۹۰۷۷۱۰۰	۶۵۱۲۸۵۴	۱۳۴۴۱۷ **
روش آماده‌سازی	۳	۷۶۱۰۹۳۵	۲۵۳۶۹۷۸	۵۲۳۶۰ **
دما × روش آماده‌سازی	۱۸	۹۱۳۸۶۲۴	۵۰۷۷۰۱	۱۰۴۷۸ **
خطا	۵۶	۲۷۳۱	۴۸	–
کل	۸۳	۵۵۸۲۹۳۰۰	–	–

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

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

منابع تغییر	درجه آزادی	SS	MS	F
دما	۶	۱/۸۲۰	۰/۳۰۳	۲۷۳۴/۳ **
روش آماده‌سازی	۳	۰/۳۵۰	۰/۱۱۷	۱۰۵۱/۶ **
دما × روش آماده‌سازی	۱۸	۰/۰۸۵	۰/۰۰۵	۴۲/۸ **
خطا	۵۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۱	–
کل	۸۳	۲/۲۶۱	–	–

**** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪**

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

روش آماده‌سازی محصول / دما (°C)	P_1	P_2	P_3	P_4
۵۰	۴۱۵۱^{v}	۲۳۱۰^{u}	۲۰۱۰^{t}	۱۳۱۲^{q}
۶۰	۱۴۰۰^{r}	۱۰۲۸^{o}	۶۹۴^{j}	۶۱۷^{i}
۷۰	۵۸۸^{h}	۴۷۸^{f}	۴۱۸^{d}	۳۸۵^{c}
۸۰	۴۰۸^{d}	۳۰۳^{b}	۲۹۸^{b}	۲۳۹^{a}
۸۰-۷۰	۵۳۴^{g}	۴۳۸^{e}	۳۷۵^{c}	۳۰۴^{b}
۸۰-۶۰	۸۶۲^{n}	۷۳۰^{l}	۵۹۷^{h}	۴۶۳^{f}
۸۰-۵۰	۱۷۲۱^{s}	۱۱۷۱^{p}	۷۸۵^{m}	۷۱۰^{k}

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- آزمون مقایسه میانگین‌آهنگ خشک شدن (kg H_2O/kg DM.h) انگور بیدانه سفید (دانکن ۱٪)

روش آماده سازی محصول / دما (^oC)	P_1	P_2	P_3	P_4
۵۰	۰/۰۳۲^{a}	۰/۰۶۹^{b}	۰/۰۷۹^{b}	۰/۱۲۵$^{C\ d}$
۶۰	۰/۱۲۳^{c}	۰/۱۴۷^{d}	۰/۲۰۸$^{F\ g}$	۰/۲۳۶$^{H\ i}$
۷۰	۰/۲۵۵$^{i\ j}$	۰/۳۰۹$^{k\ l}$	۰/۳۹۵^{m}	۰/۴۳۳^{n}
۸۰	۰/۳۷۶^{m}	۰/۴۸۷^{o}	۰/۵۷۳^{p}	۰/۷۴۲^{q}
۸۰-۷۰	۰/۲۷۵^{j}	۰/۳۳۱^{l}	۰/۳۹۳^{m}	۰/۴۶۶^{o}
۸۰-۶۰	۰/۱۷۲^{e}	۰/۱۹۸$^{f\ g}$	۰/۲۵۳$^{i\ j}$	۰/۳۰۵^{k}
۸۰-۵۰	۰/۰۸۵^{b}	۰/۱۲۶$^{c\ d}$	۰/۱۸۹^{ef}	۰/۲۱۴$^{G\ h}$

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

جدول ٥- مقادیر ضرایب نفوذ انگور بیدانه سفید در دماها و روش‌های آماده‌سازی‌تحت بررسی

دما (C^o)	آماده‌سازی P_4		آماده‌سازی P_3		آماده‌سازی P_2		آماده‌سازی P_1	
	$\frac{D}{r^2}\times10^6(S^{-1})$	R^2	$\frac{D}{r^2}\times10^6(S^{-1})$	R^2	$\frac{D}{r^2}\times10^6(S^{-1})$	R^2	$\frac{D}{r^2}\times10^6(S^{-1})$	R^2
۵۰	۴/۳۴	۰/۹۷۷	۳/۲۶	۰/۹۹۱	۲/۶۳	۰/۹۹۱	۱/۴	۰/۹۹۸
۶۰	۹/۱۲	۰/۹۹۸	۸/۹۵	۰/۹۸۳	۵/۵۷	۰/۹۹۹	۴/۳۷	۰/۹۹۵
۷۰	۱۵/۵۷	۰/۹۹۹	۱۳/۴۲	۰/۹۹۲	۱۱/۸۹	۰/۹۹۹	۹/۳۲	۰/۹۶۴
۸۰	۲۴/۳۲	۰/۹۹۵	۱۹/۹۲	۰/۹۸۶	۱۸/۲۹	۰/۹۹۸	۱۴/۰۳	۰/۹۹۸

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

آماده‌سازی	مدل	R^2	انرژی فعال‌سازی ($\frac{kJ}{kg}$)
P_1	$\ln\frac{D}{r^2}=3.32-\frac{8802.1}{T}$	۰/۹۶۷	۴۰۶۵/۶
P_2	$\ln\frac{D}{r^2}=3.23-\frac{7829.7}{T}$	۰/۹۸۸	۳۶۱۶/۵
P_3	$\ln\frac{D}{r^2}=3.09-\frac{6699.4}{T}$	۰/۹۴۹	۳۰۹۴/۴
P_4	$\ln\frac{D}{r^2}=3.08-\frac{6529.3}{T}$	۰/۹۹۲	۳۰۱۵/۸

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

توکلی‌پور، ح. ۱۳۸۰. خشک کردن مواد غذایی، اصول و روش‌ها، انتشارات آییژ، تهران، ۱۷۰ صفحه.

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

ضرابی، م. ۱۳۷۷. تعیین پارامترهای طراحی در خشک‌کردن انگور، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی شیمی.

غلامی‌پرشکوهی،م.، س.مینایی. ع.برقعی. و ع.بصیری. ۱۳۸۶. تأثیر دما، سرعت جابجایی هوا و روش آماده‌سازی در فرآیند خشک شدن انگور بیدانه سفید، مجله تحقیقات فنی و مهندسی، جلد۸، شماره ۴.

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

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.

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.

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.

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.

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

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.

Archive of SID

www.SID.ir