



## بررسی اثر شرایط خشک کردن در خشک کن کابیتی و پیش تیمارهای مختلف بر شدت خشک

## شدن انگور و ویژگی‌های کیفی کشمش

اعظم ایوبی<sup>۱</sup>، ناصر صداقت<sup>۲\*</sup>، مهدی کاشانی نژاد<sup>۳</sup>، محبت محبی<sup>۴</sup>، مهدی نصیری محلاتی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۱۸

## چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر شرایط خشک کردن (دمای خشک کردن در سه سطح (۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد) و سرعت جریان هوا در دو سطح (۱/۵ و ۲/۵ متر بر ثانیه)) و پیش تیمار آماده‌سازی در چهار سطح (کربنات پتاسیم و روغن سبزه، روغن زیتون، آب داغ و بدون پیش تیمار آماده‌سازی) بر شدت خشک شدن انگور و برخی ویژگی‌های کیفی کشمش شامل بازجذب آب، چروکیدگی، سفتی بافت و شاخص قهوه‌ای شدن انجام شد. نتایج نشان داد که پارامترهای دما، سرعت هوا و پیش تیمار آماده‌سازی اثرات معنی‌داری بر شدت خشک شدن انگور و کیفیت کشمش دارند. افزایش دما و سرعت هوای خشک کننده و نیز استفاده از پیش تیمار آماده‌سازی موجب افزایش شدت خشک شدن انگور شد. مطلوب‌ترین مقادیر سفتی (۰/۷۳ نیوتن)، چروکیدگی (۸۱/۰۴ درصد) و کمترین شاخص قهوه‌ای شدن (۰/۱۵۷) مربوط به کشمش خشک شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و بیشترین بازجذب آب (۱/۲۶۶) مربوط به کشمش خشک شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بود. تاثیر سرعت جریان هوای خشک کننده، تنها بر شاخص قهوه‌ای شدن معنی‌دار شد. افزایش سرعت جریان هوا، کاهش شاخص قهوه‌ای شدن را به دنبال داشت. در بین پیش تیمارهای بکار رفته نیز، پیش تیمار کربنات پتاسیم و روغن سبزه نتایج فیزیکوشیمیایی بهتری را سبب شد.

واژه‌های کلیدی: کشمش، خشک کردن، چروکیدگی، شدت خشک شدن، سفتی

## مقدمه

آمار سازمان خوار و بار و کشاورزی جهانی (فائو) در سال ۲۰۱۲ ایران با صادرات ۱۳۴۰۵۹ تن کشمش و اختصاص سهم ۱۸ درصدی از صادرات این محصول، بعد از ترکیه و آمریکا، سومین صادرکننده کشمش در دنیا بشمار می‌رود، اما بررسی وضعیت کشمش ایران در بازارهای جهانی طی سالهای گذشته نشان می‌دهد که به دلیل عدم انطباق کیفیت این محصول با استانداردهای جهانی، کشمش تولیدی در ایران تقریباً به نصف قیمت جهانی به فروش می‌رسد (طوسی، ۱۳۸۸). در صورت بهبود شرایط فرآوری، حمل و نقل و انبارداری و تامین کیفیت مطلوب، درآمد ایران از فروش این محصول به مراتب افزایش خواهد یافت. فرایند خشک کردن انگور، یکی از مهم‌ترین مراحل فرآوری کشمش و از جمله عوامل مؤثر بر کیفیت کشمش می‌باشد. دستیابی به شرایط بهینه در فرایند خشک کردن صنعتی می‌تواند اثر مهمی بر زمان فرآوری و بهبود شاخص‌های کیفی این محصول داشته باشد. پارامترهای دما، سرعت جابجایی هوای گرم و روش آماده‌سازی اولیه انگور، از جمله عوامل اصلی مؤثر بر فرایند خشک شدن انگور محسوب شده و نقش مهمی را در کیفیت محصول نهایی ایفا می‌کنند. لذا بررسی اثر این عوامل بر ویژگی‌های محصول، به منظور طراحی مناسب خشک کن با جریان هوای داغ نیز ضروری

کشمش خشک شده میوه رسیده ارقام مختلف انگور با دانه و بی‌دانه تازه حاصل از بوته مو از گونه ویتیس وینیفرآ از خانواده ویتاسه<sup>۶</sup> می‌باشد (قاسم‌زاده و همکاران، ۲۰۰۸). سالانه حدود ۶۸ میلیون تن، انگور در جهان تولید می‌شود که ایران با تولید حدود ۳ میلیون تن، یازدهمین تولیدکننده این میوه در جهان بشمار می‌رود. سطح زیر کشت انگور در ایران حدود ۳۱۰ هزار هکتار است<sup>۷</sup> و بر اساس آخرین

- ۱- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
  - ۲ و ۴- به ترتیب دانشیار و استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
  - ۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
  - ۵- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
- \* - نویسنده مسئول: (Email: sedaghat1@yahoo.com)

6Vitis vinifera  
7Vitaceae

۸- گزارش خبرگزاری دانشجویان ایران ایسنا (۲۷ آذر ۱۳۹۱)

با محلول اسید آسکوربیک و بی سولفیت سدیم با افزایش دمای خشک کردن توسط پارین (۲۰۰۴) و کاهش نسبت بازجذب و ظرفیت نگهداری آب فلفل قرمز با افزایش دمای خشک کردن توسط وگا-کالوز و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. نتایج بررسی دویماز و کوکاییگیت (۲۰۱۱) نشان داد که استفاده از پیش تیمار آماده سازی، سبب افزایش ظرفیت بازجذب آب نخود سبز شد. این محققین افزایش سرعت خشک شدن و کاهش میزان چروکیدگی محصول را دلیل احتمالی این مسئله بیان نمودند. افزایش بازجذب آب توت فرنگی با افزایش دمای خشک کردن و همچنین هنگام استفاده از پیش تیمار محلول قلیایی و اتیل اولئات توسط دویماز (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است.

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر شرایط خشک کردن (دما و سرعت جریان هوای خشک کننده) و پیش تیمار آماده سازی بر شدت خشک شدن انگور رقم عسگری و ویژگی های کیفی کشمش انجام شده است.

## مواد و روش

### مواد

انگور رقم عسگری از باغات شهرستان کاشمر تهیه و قبل از آماده سازی، در یخچال تحت دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد. از روغن سبزه پاکسان، کربنات پتاسیم با درجه خوراکی<sup>۲</sup> و روغن زیتون اوپلا برای تهیه محلول های پیش تیمار آماده سازی استفاده شد. برای تعیین ویژگی های اولیه انگور ۳ نمونه ۱۰۰ گرمی برای هر ویژگی به طور تصادفی انتخاب شد. محتوای قند انگور (شاخص بریکس) به کمک رفراکتومتر دستی، قطر حبه های انگور به وسیله کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی متر و رطوبت اولیه انگور طبق روش استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۲ (روش اندازه گیری رطوبت در خشکبار) توسط آون تحت خلاء در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت تعیین شد. میانگین شاخص بریکس برای حبه های انگور برابر  $1 \pm 24/1$  درصد، میانگین رطوبت اولیه انگور  $2 \pm 77$  درصد و میانگین قطر حبه های انگور برابر  $1/1 \pm 1/16$  سانتی متر بود. جهت خشک کردن نمونه ها، از خشک کن غیرمداوم کابینتی تک فاز مجهز به سه سینی مشبک ساخت شرکت طب سروش مشهد استفاده شد. برای کنترل دمای دستگاه، از ترموکوپل K در طراحی دستگاه استفاده شده بود. دامنه عملکرد دمایی این ترموکوپل بین ۲۰۰- تا ۱۳۵۰+ درجه سانتیگراد است و به دلیل ضریب اطمینان بالا و قیمت مناسب بیشترین استفاده را در صنعت دارد. گردش هوا در دستگاه از طریق دمنده های گریز از مرکز انجام می شد. سرعت هوای در این دستگاه ثابت و معادل ۱/۵

می باشد (غلامی و رشیدی، ۱۳۸۸). تغییر شکل، کاهش حجم و افزایش سفتی محصول طی فرایند خشک کردن، عدم تمایل مصرف کنندگان به مصرف این گونه فرآورده ها را به دنبال دارد. البته در برخی از محصولات آبگیری شده نظیر انواع برگه و کشمش، ظاهر محصول با میزان چروکیدگی خاص با پذیرش مصرف کنندگان همراه است (مایور و سرنو، ۲۰۰۴). مقایسه روش های آماده سازی انگور و اثرات آنها بر روی رنگ فرآورده نهایی توسط مکلیلان و همکاران (۱۹۹۵) نشان داد که آماده سازی با عسل باعث ایجاد رنگ زرد در فرآورده نهایی می گردد و رنگ روشنتری را نسبت به محلول سولفوریک سبب می شود. عزیزاده و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر فاکتورهای روش آماده سازی قبل از خشک کردن، دمای نگهداری و رطوبت محیط را بر روی ویژگی های بافتی کشمش بررسی نمودند و دریافتند که آماده سازی، در مقدار کار لازم برای تغییر شکل مؤثر بوده و رطوبت محیط نگهداری خواص مکانیکی کشمش را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. نتایج مطالعه اکسیانو و همکاران (۲۰۱۰) بر رفتار خشک شدن انگور نشان داد که تاثیر دمای هوای خشک کننده بر زمان خشک شدن انگور، بیشتر از تاثیر سرعت هوای خشک کننده است و افزایش دمای هوای خشک کننده باعث افزایش سفتی بافت انگور خشک شده می شود. دمای خشک کردن ۶۰ درجه سانتیگراد، سرعت جابجایی هوا بین ۰/۲۵ تا ۰/۵ متر بر ثانیه، آماده سازی در محلول ۲/۵ درصد کربنات پتاسیم و ۲ درصد روغن سولفاتین به عنوان شرایط بهینه در خشک کردن انگور بی دانه بیان شده است (ایسن و همکاران، ۱۹۸۵). مطالعات نشان داده است که لطافت و نرمی کشمش به میزان مواد جامد محلول انگور، روش خشک کردن، میزان رطوبت و استفاده از پیش تیمار آماده سازی قبل از خشک کردن وابسته است (جلیلی مرندي، ۱۳۸۴). ضرابی (۱۳۷۷) دمای ۶۵ درجه سانتی گراد و محلول ۵ درصد کربنات پتاسیم با ۲ درصد روغن سبزه<sup>۱</sup> با زمان تماس ۵ دقیقه را بعنوان بهترین روش آماده سازی انگور سفید پیشنهاد نمود. پهلوان زاده و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند که غوطه وری انگور سفید بی - دانه ایرانی (سلطانی) در محلول قلیایی سرعت خشک کردن را افزایش می دهد و بهترین کیفیت محصول خشک شده مربوط به نمونه تیمار شده با محلول کربنات پتاسیم ۵ درصد در ۴۲ درجه سانتیگراد می باشد. در حین خشک شدن، آب از بخش های داخلی به سطح و محیط اطراف ماده غذایی منتقل شده و به ساختار سلولی ماده غذایی تنش وارد نموده و با ایجاد تغییرات ساختاری، ویژگی های فیزیکی آنها را تغییر می دهد (شفافی، ۱۳۸۶؛ باربوسا، ۱۹۹۶؛ یان و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش ظرفیت بازجذب آب کنگر پیش تیمار شده

۱- روغن سبزه یک مایع شفاف به رنگ زرد کم رنگ است که طی دو مرحله از اسید چرب کلزا حاصل می شود. از ترکیب این روغن با کربنات پتاسیم تیزاب تهیه می گردد.

### محاسبه شدت خشک شدن

برای محاسبه شدت خشک شدن در هر زمان از فرآیند خشک شدن، اختلاف وزن نمونه در آن زمان و زمان بعدی اندازه‌گیری وزن محاسبه گشت. عدد حاصل بر وزن ماده خشک تقسیم و سپس عدد به دست آمده بر مدت زمان بین دو اندازه‌گیری (۶۰ دقیقه یا یک ساعت) تقسیم شد. عدد نهایی شدت خشک شدن بر حسب کیلوگرم آب بر کیلوگرم ماده خشک در ساعت را نشان می‌دهد (کانواس و مرکادو، ۱۹۹۶).

### بازجذب آب

برای اندازه‌گیری میزان بازجذب آب، نمونه کُشش توزین شده به مدت ۱۰ دقیقه در آب جوش ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شد. سپس نمونه‌های مرطوب شده آبکشی شده و دوباره توزین شدند. نسبت بازجذب<sup>۲</sup> آب کُشش از رابطه زیر محاسبه شد:

$$(۱) \quad \text{نسبت بازجذب آب} = \frac{m}{m_0}$$

$m_0$  وزن اولیه نمونه و  $m$  وزن نمونه مرطوب بعد از بازجذب آب می‌باشد (کردپیون و همکاران، ۲۰۰۶).

### چروکیدگی<sup>۳</sup>

پدیده چروکیدگی به دلیل کاهش سطح موثر و سخت شدن پوسته، انتقال جرم را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر چروکیدگی با صدمه به لوله‌های موئین سبب کاهش آبیگری مجدد فرآورده‌های خشک شده نیز می‌شود (مایور و سرنو، ۲۰۰۴). لذا چروکیدگی می‌تواند به عنوان یک معیار تعیین میزان تغییرات ساختمانی طی فرایند خشک کردن محصول مورد استفاده قرار بگیرد. میزان چروکیدگی با توجه به تغییر حجم انگور قبل و بعد از خشک شدن تعیین شد. حجم انگورها از طریق جابجایی حجم مشخصی از  $n$ -هگزان در یک استوانه مدرج تعیین شد. سپس درصد چروکیدگی نمونه‌ها توسط رابطه زیر محاسبه شد:

$$(۲) \quad \text{درصد چروکیدگی} = \frac{v_i - v}{v_i} \times 100$$

در این رابطه  $v_i$  حجم اولیه نمونه قبل از خشک شدن و  $v$  حجم نمونه بعد از خشک شدن می‌باشد (کردپیون و همکاران، ۲۰۰۶).

### سفتی بافت<sup>۴</sup>

سفتی بافت با استفاده از دستگاه سنجش بافت مدل QTS-25 اندازه‌گیری شد. بدین منظور از یک پروب استوانه‌ای به قطر ۲ میلی-

متر بر ثانیه بود. برای ایجاد سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه، از یک دمنده کمکی مدل Damandeh VMA.10S2S و دیمر برای تنظیم سرعت هوا استفاده شد. سرعت هوا با استفاده از سرعت‌سنج Testo در مرکز سینی دوم (محل قرار گرفتن نمونه) و در سطح مقطع تقریبی ۰/۱ متر مربع کنترل می‌گردید.

### خشک کردن

قبل از شروع هر آزمایش خشک کردن، انگور از یخچال خارج شده و به منظور متعادل شدن با محیط تا رسیدن دمای آن به دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، در محیط آزمایشگاه قرار داده شد. پس از شستشوی اولیه و آماده‌سازی محلول‌های پیش‌تیمار، نمونه‌ها به وسیله محلول‌های آماده‌سازی، تیمار شدند. پیش‌تیمارهای مورد استفاده در مرحله خشک کردن عبارت بودند از (غلامی و رشیدی، ۱۳۸۸؛ پنگوانه و همکاران، ۱۹۹۹؛ دویماز و آلتینر، ۲۰۱۲؛ شانموگاولو، ۲۰۰۳):

۱- پیش‌تیمار با محلول آبی ۲/۵ درصد وزنی/ وزنی کربنات پتاسیم و ۲ درصد روغن سبزه به مدت ۳ دقیقه غوطه‌وری در دمای محیط

۲- پیش‌تیمار با محلول آبی ۲ درصد وزنی/ وزنی روغن زیتون به مدت ۴ دقیقه غوطه‌وری در دمای محیط

۳- پیش‌تیمار با آب داغ با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲/۵ دقیقه غوطه‌وری

۴- شاهد (بدون پیش‌تیمار آماده‌سازی)

لازم به ذکر است که از آب مقطر برای تهیه تمام محلول‌های آماده‌سازی استفاده شد. دماهای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد سطوح متغیر دمای خشک کردن و سرعت‌های ۱/۵ و ۲/۵ متر بر ثانیه سطوح متغیر سرعت جریان هوا بودند (غلامی و رشیدی، ۱۳۸۸؛ پنگوانه و همکاران، ۱۹۹۹؛ دویماز و آلتینر، ۲۰۱۲؛ شانموگاولو، ۲۰۰۳). حبه‌های انگور پس از انجام پیش‌تیمار آماده‌سازی به صورت یک لایه بر روی سینی‌ها پخش و در داخل محفظه خشک‌کن قرار داده شد. نمونه‌ها به طور مداوم در فواصل زمانی معین توسط ترازوی دیجیتال مدل FX3200 با دقت ۰/۱ ± گرم توزین می‌شدند. فرآیند خشک کردن به محض رسیدن مقدار رطوبت نمونه‌ها به ۱۳ درصد (بر پایه وزن مرطوب) متوقف شد. پس از خشک کردن، نمونه خشک شده در بسته‌های سه لایه (PE/PA/PE)<sup>۱</sup> با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتیمتر مربع بسته‌بندی شده و تا انجام آزمون‌ها در دمای ۴ درجه سانتیگراد و در تاریکی نگهداری شدند.

2Rehydration Ratio

3 Shrinkage

4Hardness

1 Polyethylene/ Polyamid/ Polyethylene

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به منظور ارزیابی اثر متغیرهای مورد بررسی (دما، سرعت هوا و پیش تیمار آماده‌سازی) بر شدت خشک شدن انگور و نیز بر خصوصیات کیفی کشمش از روش آنالیز واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل استفاده شد. داده‌های به دست آمده به کمک نرم افزار Mstat-C تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

#### اثر دما، سرعت هوا و پیش تیمار آماده‌سازی بر شدت خشک

##### شدن

اثرات دما، سرعت جریان هوا و پیش تیمار آماده‌سازی بر شدت خشک شدن انگور در شکل‌های ۲ تا ۶ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است در یک سرعت ثابت هوای خشک کننده و برای یک پیش تیمار معین، با افزایش دمای هوای خشک کننده، شدت تبخیر رطوبت و در نتیجه شدت خشک شدن انگور افزایش یافته و بنابراین شیب منحنی نیز افزایش می‌یابد. نتایج مطالعه اکسیا و همکاران (۲۰۱۰) بر روی رفتار خشک شدن انگور بی‌دانه منوکا نشان داد که دمای هوای خشک کننده در مقایسه با سرعت آن اثر واضحتری بر نرخ خشک کردن محصول دارد. افزایش شیب منحنی با افزایش سرعت جریان هوای خشک کننده در شکل ۳ نشان می‌دهد که در دمای ثابت هوای خشک کننده برای هر تیمار، افزایش سرعت جریان هوای خشک کننده موجب ازدیاد شدت خشک شدن محصول شده است. با توجه به اینکه افزایش سرعت جریان هوا سبب دور کردن رطوبت از اطراف ماده غذایی و جلوگیری از به وجود آمدن هوای اشباع می‌شود این نتیجه دور از انتظار نیست (مقصودی، ۱۳۸۹). مقایسه تغییرات شیب منحنی‌های شکل‌های ۴ تا ۶ نشان می‌دهد که طی زمان‌های مختلف خشک کردن محصول تحت دما و سرعت ثابت خشک کننده، بیشترین شدت خشک شدن مربوط به پیش تیمار آماده سازی کربنات پتاسیم و روغن سبزه و کمترین شدت خشک شدن مربوط به نمونه شاهد بوده است. طی فرایند خشک کردن انگور، ضخامت کوتیکول مومی به دلیل پدیده چروکیدگی افزایش یافته و در نتیجه نفوذپذیری آب کاهش می‌یابد. از آنجا که بررسی‌ها نشان داده است که پیش تیمار شیمیایی انگور مقاومت پوست را کاهش داده و نفوذ آب در کوتیکول مومی را بهبود می‌بخشد، دستیابی به چنین نتایجی دور از انتظار نمی‌باشد (پنتینگ و مکین، ۱۹۷۰). دیمیتو و همکاران (۲۰۰۰) نیز دریافتند که غوطه‌وری انگور در اتیل‌اولئات سبب حل شدن ترکیبات لایه مومی سطح انگور و تغییر ساختار این لایه می‌شود و در نتیجه مقاومت این لایه به نفوذ آب کاهش یافته و سرعت خشک شدن انگور افزایش می‌یابد. غلامی

متر با سر سوزنی که در گروه ماشین آلات کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد ساخته شده بود استفاده گردید. اندازه‌گیری سفتی بافت با آزمون نفوذ با سرعت حرکت پروب ۶۰ میلی‌متر در دقیقه و عمق نفوذ ۲ میلی‌متر در نمونه و تعداد هر سیکل آزمون یک بار انجام شد.

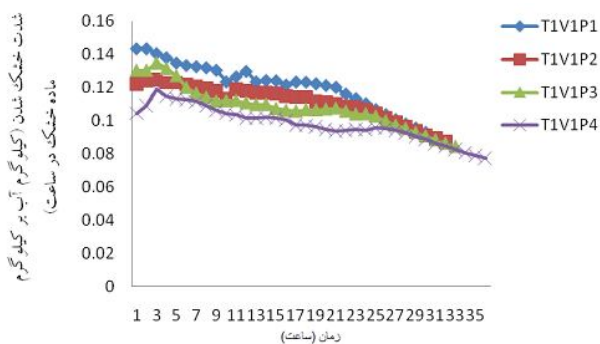
برای هر تیمار ۱۰ عدد کشمش به طور تصادفی انتخاب و پس از اعمال نیرو توسط پروب، میانگین نیروی لازم برای نفوذ پروب تا عمق تعریف شده در کشمش بر حسب نیوتن به عنوان سفتی بافت در نظر گرفته شد (رول و همکاران، ۲۰۱۲). شکل ۱ پروب مورد استفاده در تعیین سفتی بافت کشمش را نشان می‌دهد.



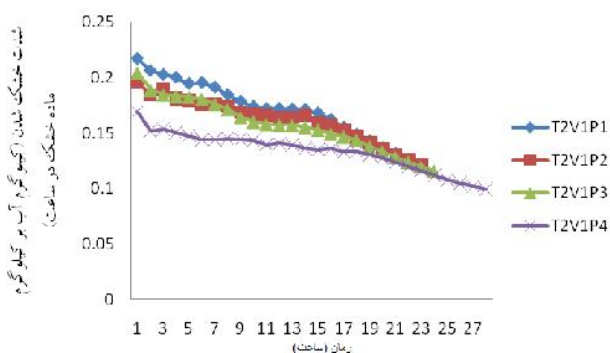
شکل ۱- تصویر پروب مورد استفاده در تعیین سفتی بافت کشمش

#### شاخص قهوه‌ای شدن

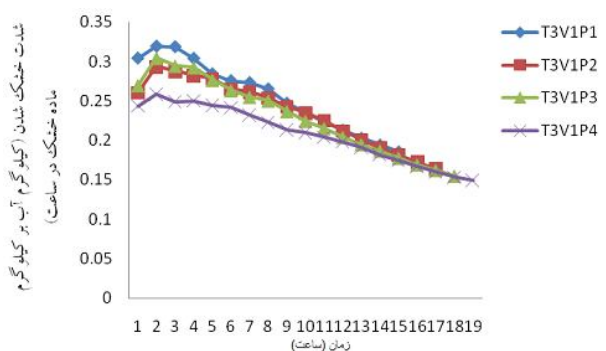
میزان قهوه‌ای شدن بر اساس روش بلوچ و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. این روش بر مبنای استخراج رنگ‌دانه‌های قهوه‌ای توسط ۵۰ میلی‌لیتر از محلول آبی اسید استیک-فرمالدئید (نسبت ۲ به ۱ حجمی) و اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۴۲۰ و ۶۰۰ نانومتر استوار است. بدین منظور ۵ گرم از هر نمونه کشمش وزن و در داخل ارلن ریخته شد. سپس ۵۰ میلی‌لیتر از محلول آبی اسید استیک-فرمالدئید بر روی نمونه‌ها ریخته شده و هم زده شد. نمونه‌های آماده شده به مدت ۷۲ ساعت در تاریکی قرار داده شدند تا رنگ‌دانه‌های قهوه‌ای آنها کاملاً استخراج شود. پس از گذشت این زمان، محلول رنگی بالای نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن صاف شده و مقدار جذب این محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل S2000 uv/vis light wave در طول موج‌های ۴۲۰ و ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. طول موج ۴۲۰ نانومتر مربوط به ناحیه زرد و طول موج ۶۰۰ نانومتر مربوط به ناحیه قهوه‌ای است. اختلاف جذب در این دو طول موج بعنوان شاخص قهوه‌ای شدن در نظر گرفته شد (بلوچ و همکاران، ۱۹۷۳).



**شکل ۴- اثر پیش تیمار آماده‌سازی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد بر شدت خشک شدن (T1) دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، V1 سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه، P1 پیش تیمار آماده‌سازی کربنات پتاسیم و روغن سبزه، P2 پیش تیمار آماده‌سازی روغن زیتون، P3 پیش تیمار آماده‌سازی آب داغ، P4 شاهد**

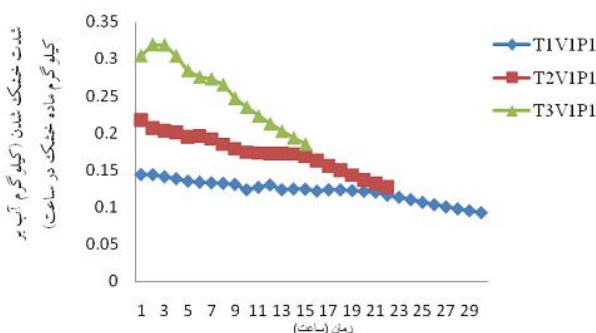


**شکل ۵- اثر پیش تیمار آماده‌سازی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بر شدت خشک شدن (T2) دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، V1 سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه، P1 پیش تیمار آماده‌سازی کربنات پتاسیم و روغن سبزه، P2 پیش تیمار آماده‌سازی روغن زیتون، P3 پیش تیمار آماده‌سازی آب داغ، P4 شاهد**

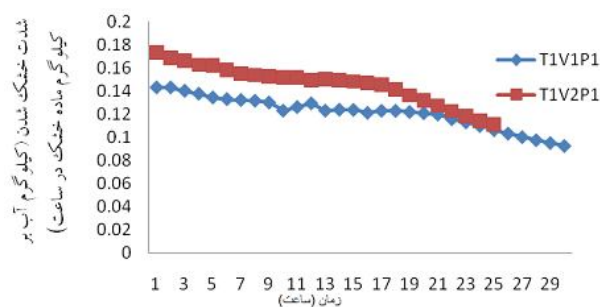


**شکل ۶- اثر پیش تیمار آماده‌سازی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد بر شدت خشک شدن (T3) دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، V1 سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه، P1 پیش تیمار آماده‌سازی کربنات پتاسیم و روغن سبزه، P2 پیش تیمار آماده‌سازی روغن زیتون، P3 پیش تیمار آماده‌سازی آب داغ، P4 شاهد**

و رشیدی (۱۳۸۸) دریافتند که افزایش دمای هوای خشک‌کننده، افزایش سرعت جابجایی هوای گرم و استفاده از پیش تیمار آماده‌سازی هیدروکسید سدیم، زمان خشک کردن انگور بی‌دانه قرمز را به ترتیب تا ۶۶/۵، ۸/۳ و ۶۸ درصد کاهش می‌دهد. پهلوان‌زاده و همکاران (۲۰۰۲) غوطه‌وری انگور سفید بی‌دانه ایرانی (سلطانی) در محلول قلیایی و افزایش دمای هوای خشک‌کن را در افزایش سرعت خشک کردن موثر دانستند.



**شکل ۲- اثر دما بر شدت خشک شدن (T1) دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، T2 دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، T3 دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، V1 سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه و P1 پیش تیمار آماده‌سازی کربنات پتاسیم و روغن سبزه**



**شکل ۳- اثر سرعت هوا بر شدت خشک شدن (T1) دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، V1 سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه، V2 سرعت هوای ۲/۵ متر بر ثانیه و P1 پیش تیمار آماده‌سازی کربنات پتاسیم و روغن سبزه**

شده در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و بالا بودن میزان صدمات بافتی و سفتی کشمش خشک شده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد دلیل بازجذب پایین تر این نمونه‌ها نسبت به کشمش خشک شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. استفاده از پیش تیمار آماده‌سازی سبب افزایش بازجذب آب کشمش شد. پدیده چروکیدگی، ظرفیت بازجذب آب محصول را کاهش می‌دهد (مایور و سرنو، ۲۰۰۴)، از طرف دیگر نتایج این بررسی نشان می‌دهد که استفاده از پیش تیمار آماده‌سازی چروکیدگی را کاهش داده است. لذا بنظر می‌رسد که کاهش چروکیدگی هنگام استفاده از پیش تیمار آماده‌سازی، افزایش بازجذب آب محصول را به دنبال داشته است. در بین پیش تیمارهای به کار رفته، پیش تیمار کربنات پتاسیم بیشترین تاثیر را بر بازجذب آب کشمش گذاشت. ایجاد ترک‌های بسیار ریز در پوست و کاهش ضخامت پوست انگور در اثر آماده‌سازی، نیز می‌تواند دلیل بالا بودن جذب آب کشمش پیش تیمار شده با محلول قلیایی باشد. به علاوه آماده‌سازی شیمیایی، نقاط جذب آب در پوست میوه را افزایش می‌دهد (وازکوز و همکاران، ۲۰۰۰). به نظر می‌رسد که استفاده از پیش تیمار آب داغ نیز با کاهش چسبندگی ماتریکس میوه، جذب آب را بهبود می‌دهد و منجر به افزایش میزان بازجذب آب محصول نهایی می‌شود. چنین نتیجه‌ای هنگام استفاده از پیش تیمار آنزیم‌بری در خشک کردن فلفل توسط کایمک-ارتکین (۲۰۰۲) نیز گزارش شده است. طبق گزارشات، پیش تیمار حرارتی بر نفوذپذیری غشاء سلولی نیز تاثیر می‌گذارد (آلوارز و همکاران، ۱۹۹۴).

#### اثر دما، سرعت هوا و پیش تیمار آماده‌سازی بر چروکیدگی کشمش

دمای هوای خشک‌کننده بطور معنی‌داری بر چروکیدگی کشمش تاثیر گذاشت ( $P \leq 0.01$ )؛ به طوری که با افزایش دمای خشک کردن، چروکیدگی کشمش کاهش یافت. چروکیدگی کشمش بطور معنی‌داری تحت تاثیر پیش تیمار آماده‌سازی نیز قرار گرفت ( $P \leq 0.01$ )؛ استفاده از پیش تیمار آماده‌سازی منجر به کاهش چروکیدگی کشمش شد. کمترین چروکیدگی مربوط به پیش تیمار کربنات پتاسیم و روغن سبزه و بیشترین چروکیدگی مربوط به شاهد بود، اگرچه نتایج مقایسه میانگین اختلاف معنی‌داری را بین چروکیدگی پیش تیمار p1 با پیش تیمار p2 و پیش تیمار p3 با پیش تیمار p4 نشان نداد. جدول ۱ اثر دما و پیش تیمار آماده‌سازی را بر چروکیدگی کشمش نشان می‌دهد. زمانی که سطح میوه، بسیار سریع‌تر از مرکز آن خشک می‌شود تنش‌های درونی افزایش یافته و داخل میوه ترک می‌خورد و محصول متخلخل می‌شود (آگولرا و استتلی، ۱۹۹۹)، در این شرایط ترکیبات غیرفرار با انتشار آب به سطح میوه مهاجرت نموده، در آنجا رسوب می‌کنند و یک پوسته را در سطح محصول تشکیل می‌دهند. این پوسته به حفظ ابعاد محصول کمک می‌کند. این پدیده اغلب در سرعت‌های بالای

#### اثر دما، سرعت هوا و پیش تیمار آماده‌سازی بر بازجذب آب کشمش

بازجذب آب می‌تواند یک معیار ارزیابی صدمات ناشی از خشک کردن و یا تیمارهای قبل از خشک کردن باشد (ال-خوسیبی و همکاران، ۲۰۰۵). ظرفیت بازجذب آب، بطور معنی‌داری تحت تاثیر ویژگی‌های بافتی محصول قرار می‌گیرد (کایمک-ارتکین، ۲۰۰۲). بازجذب ضعیف، نتیجه فروپاشی ساختمان داخلی است (ال-خوسیبی و همکاران، ۲۰۰۵). زمانی که تخریب ساختمانی در سطح سلولی حداقل باشد بازجذب آب فرآورده حداکثر خواهد بود (کراپیست، ۲۰۰۰). از نظر تئوری در صورتی که خشک کردن اثرات نامطلوبی بر ساختمان بافت محصول نداشته باشد محصول پس از خشک کردن به همان اندازه رطوبت اولیه قبل از خشک کردن آب جذب می‌کند (سنادرا و همکاران، ۲۰۰۰). کاهش ویژگی‌های هیدروفیلیک نیز منجر به کاهش توانایی بازجذب آب محصول می‌شود (مارگوس و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج آنالیز واریانس نشان داد که بازجذب آب کشمش به طور معنی‌داری تحت تاثیر دمای خشک کردن و پیش تیمار آماده‌سازی قرار گرفت ( $P \leq 0.01$ )، اما اثر سرعت هوا و همچنین اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر بازجذب آب کشمش معنی‌دار نبود (جدول ۱).

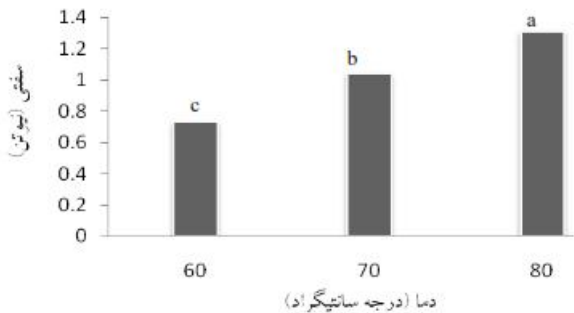
#### جدول ۱- اثر دمای خشک کردن و پیش تیمار آماده‌سازی بر بازجذب آب و چروکیدگی کشمش

فاکتور	سطح	بازجذب آب	چروکیدگی (درصد)
دما (درجه سانتی‌گراد)	۶۰	۱/۳۴۴ <sup>b</sup>	۸۱/۰۴ <sup>a</sup>
	۷۰	۱/۲۶۶ <sup>a</sup>	۷۷/۹۸ <sup>b</sup>
	۸۰	۱/۲۳۸ <sup>c</sup>	۷۴/۷۴ <sup>c</sup>
	P1	۱/۲۶۸ <sup>a</sup>	۷۶/۲۳ <sup>b</sup>
پیش تیمار آماده‌سازی	P2	۱/۲۶۷ <sup>b</sup>	۷۶/۴۹ <sup>b</sup>
	P3	۱/۲۵۸ <sup>c</sup>	۷۹/۳۵ <sup>a</sup>
	P4	۱/۲۰۴ <sup>d</sup>	۷۹/۶۰ <sup>a</sup>

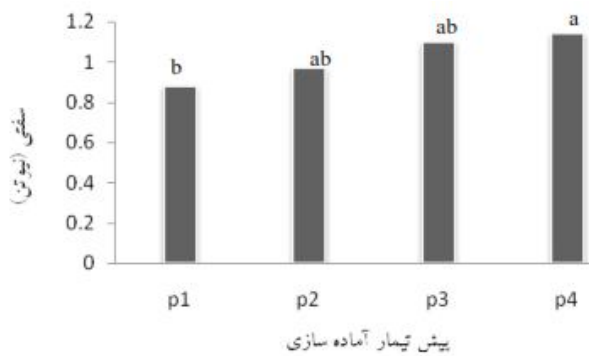
P1 پیش تیمار کربنات پتاسیم و روغن سبزه، P2 پیش تیمار روغن زیتون، P3 پیش تیمار آب داغ، P4 شاهد (بدون پیش تیمار آماده‌سازی) (در هر ستون و برای هر فاکتور، میانگین‌های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند)

بیشترین مقدار بازجذب آب مربوط به کشمش خشک شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار بازجذب آب مربوط به کشمش خشک شده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. بالا بودن دما یا طولانی شدن زمان خشک کردن در روش‌های متداول خشک کردن با جریان هوا می‌تواند ظرفیت بازجذب آب محصول را کاهش دهد (لین و همکاران، ۱۹۹۸؛ دروزاس و همکاران، ۱۹۹۹). به نظر می‌رسد که بالا بودن مقدار تراکم و چروکیدگی در کشمش خشک

همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است. کمترین سفتی بافت مربوط به کشمش پیش‌تیمار شده با کربنات پتاسیم و روغن سبزه بود و شاهد بیشترین مقدار سفتی بافت را داشت.



شکل ۷- اثر دمای خشک کردن بر سفتی بافت کشمش (میانگین‌های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند)



شکل ۸- اثر پیش‌تیمار آماده‌سازی بر سفتی بافت کشمش (P1)

پیش‌تیمار کربنات پتاسیم و روغن سبزه، P2 پیش‌تیمار روغن زیتون، P3 پیش‌تیمار آب داغ، P4 شاهد (بدون پیش‌تیمار آماده‌سازی) (میانگین‌های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند))

این نتایج با نتایج بررسی‌های علیزاده بهاباد و همکاران (۲۰۱۰) و اسماعیلی و همکاران (۲۰۰۷) که نشان‌دهنده تأثیر استفاده از پیش‌تیمار قلیایی بر کاهش نیروی فشار در آزمون بافت کشمش بود مطابقت دارد. استفاده از امولسیون قلیایی، علاوه بر از بین بردن لایه مومی موجود بر روی پوسته انگور، منجر به ایجاد حفره‌های بسیار ریز در پوسته می‌شود. به علاوه در اثر استفاده از ترکیبات آماده‌سازی، مقاومت مکانیکی پوسته محصول تغییر می‌کند و در نتیجه نیروی لازم برای آزمون بافت و برگشت محصول فشرده شده به حالت اولیه کاهش می‌یابد. اگرچه سفتی بافت کشمش پیش‌تیمار شده با آب داغ بیشتر از کشمش پیش‌تیمار شده با روغن زیتون بود اما نتایج مقایسه میانگین اختلاف معنی‌داری را بین آنها نشان نداد. با توجه به این که سفتی بافت کشمش پیش‌تیمار شده با آب داغ کمتر از سفتی بافت شاهد بود به نظر می‌رسد که استفاده از پیش‌تیمار آب داغ شبکه سلولی را از بین می‌برد و لایه‌های میانی ساختمان میوه را از هم جدا

خشک کردن رخ می‌دهد و منجر به کاهش چروکیدگی در محصول می‌شود (ونگ و برنان، ۱۹۹۵). لذا به نظر می‌رسد که افزایش سرعت خشک شدن و در نتیجه تشکیل پوسته در سطح انگور، هنگام افزایش دمای خشک کردن و استفاده از پیش‌تیمار آماده‌سازی علت کاهش چروکیدگی محصول بوده است. دویماز و کوکاییگیت (۲۰۱۱) بیان نمودند که استفاده از پیش‌تیمارهای اتیل اولئات، اسید سیتریک و حرارت‌دهی، میزان چروکیدگی نخودسبز در طی خشک کردن را کاهش می‌دهد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که چروکیدگی کشمش تحت تأثیر سرعت هوای خشک‌کننده قرار نگرفته است. عدم تأثیر سرعت هوای خشک‌کننده بر میزان چروکیدگی محصول (ورقه‌های سیبزمینی) توسط یداللهی نیا و جهانگیری (۲۰۰۹) و شکفته و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است.

### اثر دما، سرعت هوا و پیش‌تیمار آماده‌سازی بر سفتی بافت کشمش

بافت محصول خشک به عواملی نظیر مقدار رطوبت، ترکیبات، وارپته، میزان رسیدگی میوه، ابعاد نمونه، روش خشک کردن و پیش-تیمارهای آماده‌سازی آن وابسته می‌باشد (رحمان، ۲۰۰۷). نتایج آنالیز واریانس نشان داد دمای خشک کردن و پیش‌تیمار آماده‌سازی به طور معنی‌داری بر سفتی بافت کشمش تأثیر گذاشت ( $P \leq 0.01$ )، اما اثر سرعت هوا بر سفتی بافت کشمش معنی‌دار نبود (شکل‌های ۷ و ۸). با افزایش دمای خشک کردن، سفتی بافت کشمش افزایش یافت.

طی خشک کردن محصولات بیولوژیکی، حذف آب منجر به تغییر ساختمان سلولی می‌شود. این پدیده با تغییر شکل و ابعاد محصول نیز همراه است. این قبیل تغییرات بر ویژگی‌های فیزیکی محصول تأثیر گذاشته و بافت نهایی محصول خشک شده را تغییر می‌دهند (یان و همکاران، ۲۰۰۷). از آنجا که میزان بازجذب آب نیز یک معیار تعیین میزان تغییرات ساختمانی طی فرایند خشک کردن است و از طرف دیگر نتایج این بررسی نشان می‌دهد که با افزایش دمای هوای خشک‌کننده بازجذب آب کشمش کاهش یافته است، لذا کاهش بازجذب آب و افزایش سفتی بافت کشمش بر تأثیر افزایش دمای خشک کردن بر شدت تغییرات ساختمانی سلولی در این محصول دلالت دارد. خشک کردن کند محصول که با استفاده از دمای پایین، سرعت هوای کم و رطوبت نسبی بالای هوای خشک کردن انجام می‌شود، به تولید محصولاتی یکنواخت و متراکم منجر می‌گردد (برنان، ۱۹۹۴)، از طرف دیگر استفاده از سرعت‌های بالای خشک کردن، تراکم بافت محصولات غذایی را کاهش داده و محصولاتی سفت‌تر دارای یک پوسته در سطح را تولید می‌کند (پوتر و هتچکس، ۱۹۹۸). تأثیر دمای هوای خشک‌کننده بر مقدار نیروی لازم در آزمون فشار محصول خشک شده با جریان هوای داغ توسط بونداروک و

هو و پیش تیمار آماده سازی قرار گرفت ( $P \leq 0.01$ ) (جدول ۲). اثر متقابل دمای خشک کردن و پیش تیمار آماده سازی نیز بر شاخص قهوه ای شدن معنی دار بود. افزایش دمای خشک کردن با افزایش شاخص قهوه ای شدن همراه بود. با توجه به تاثیر دما بر شدت واکنش های قهوه ای شدن، افزایش شاخص قهوه ای شدن کشمش با افزایش دمای هوای خشک کننده دور از انتظار نیست. از عواملی که سبب کاهش قهوه ای شدن غیرآنزیمی در طول دوره خشک شدن محصول می گردد می توان به عدم به کارگیری دماهای بالا در زمانی که محصول دارای رطوبت بحرانی است، اشاره کرد (اکس، ۱۹۸۹). افزایش شدت قهوه ای شدن با افزایش دمای هوای خشک کردن برای جنسینگ (رن و چن، ۱۹۹۸) و حبه های سیر (شارما و پرساد، ۲۰۰۱) نیز گزارش شده است. افزایش سرعت هوا، شاخص قهوه ای شدن را کاهش داد. افزایش سرعت خروج آب و در نتیجه کاهش زمان خشک کردن با افزایش سرعت هوا می تواند دلیل این مسئله باشد. استفاده از پیش تیمار آماده سازی کربنات پتاسیم و روغن سبزه و شدن گردید، اگرچه نتایج مقایسه میانگین اختلاف معنی داری را بین شاخص قهوه ای شدن مربوط به این دو پیش تیمار نشان نداد. با توجه به اینکه مطالعات نشان داده است که استفاده از پیش تیمار نه تنها زمان خشک شدن را کاهش می دهد بلکه بر پارامترهای اصلی تشکیل رنگ نیز تاثیر می گذارد به طوری که ترکیبات قلیایی از واکنش پلی- فنیل ممانت می کنند و محلول های آماده سازی حاوی روغن نیز زمان خشک کردن را کاهش داده و باعث بهبود رنگ محصول نهایی می شوند (اسماعیلی و همکاران، ۲۰۰۷؛ سیمال و همکاران، ۱۹۹۶؛ مهموتگلو و همکاران، ۱۹۹۶؛ علیزاده بهاباد و همکاران، ۲۰۱۰) این نتایج دور از انتظار نیست. استفاده از پیش تیمار آب داغ، افزایش شاخص قهوه ای شدن را به دنبال داشت. به نظر می رسد که تغییر رنگ (قهوه ای شدن) سریع انگور پس از انجام پیش تیمار آماده سازی آب داغ، افزایش شاخص قهوه ای در انگور خشک شده را نیز به دنبال داشته است. اسماعیلی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که کشمش پیش تیمار شده با محلول قلیایی نسبت به نمونه های پیش تیمار شده با آب داغ و سایر محلول های آماده سازی رنگ روشن تری داشت. نتایج بررسی پهلوان زاده و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که استفاده از پیش تیمار کربنات پتاسیم سبب روشن تر شدن رنگ کشمش نسبت به شاهد می شود.

### نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر بر تاثیر فاکتورهای دما، سرعت هوای خشک کننده و پیش تیمار آماده سازی بر شدت خشک شدن انگور و ویژگی های کیفی کشمش دلالت داشت.

می کند و در نتیجه سبب نرم شدن بافت محصول نهایی و کاهش سفتی می شود. چنین نتیجه ای هنگام استفاده از پیش تیمار آنزیم بری در خشک کردن کیوی توسط گرشسون و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش شده است. نتایج آنالیز واریانس همچنین نشان داد که هیچ یک از اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر سفتی بافت کشمش معنی دار نبوده است.

### اثر دما، سرعت هوا و پیش تیمار آماده سازی بر شاخص قهوه ای شدن کشمش

رنگ یک ویژگی مهم کیفی مواد غذایی و محصولات کشاورزی است به طوری که تغییرات نامطلوب این ویژگی، می تواند سبب کاهش کیفیت و بازارپسندی محصول شود. بالابودن دما یا طولانی شدن زمان خشک کردن در روش های متداول خشک کردن با جریان هوا می تواند به شدت به رنگ محصول صدمه بزند (لین و همکاران، ۱۹۹۸؛ دروژاس و همکاران، ۱۹۹۹). رنگ نامطلوب در خشکبار به دلیل واکنش های قهوه ای شدن ایجاد می شود. عواملی نظیر رطوبت، دما، pH و ترکیبات ماده غذایی سبب تسریع واکنش های قهوه ای شدن غیرآنزیمی میلارد می شوند. سرعت قهوه ای شدن معمولا در محدوده محتوای رطوبت میانی در حداکثر ممکن بوده و با افزایش یا کاهش زیاد این رطوبت میزان قهوه ای شدن کاهش خواهد یافت (قنبرزاده، ۱۳۸۴).

### جدول ۲- اثر دمای خشک کردن، سرعت هوا و پیش تیمار آماده سازی بر شاخص قهوه ای شدن

فاکتور	سطح	شاخص قهوه ای شدن
دما (درجه سانتی گراد)	۶۰	۰/۱۵۷ <sup>c</sup>
	۷۰	۰/۲۰۵ <sup>b</sup>
	۸۰	۰/۲۹۹ <sup>a</sup>
سرعت هوا (متر بر ثانیه)	۱/۵	۰/۲۲۵ <sup>a</sup>
	۲/۵	۰/۲۱۶ <sup>b</sup>
پیش تیمار آماده سازی	P1	۰/۱۸۲ <sup>c</sup>
	P2	۰/۱۸۳ <sup>c</sup>
	P3	۰/۲۶۳ <sup>a</sup>
	P4	۰/۲۵۵ <sup>b</sup>

P1 پیش تیمار کربنات پتاسیم و روغن سبزه، P2 پیش تیمار روغن زیتون، P3 پیش تیمار آب داغ، P4 شاهد (بدون پیش تیمار آماده سازی) (برای هر فاکتور، میانگین های دارای حروف مشترک به لحاظ آماری اختلاف معنی داری ندارند)

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که شاخص قهوه ای شدن کشمش به طور معنی داری تحت تاثیر فاکتورهای دمای خشک کردن، سرعت



فیزیکی‌وشیمیایی کشمش نشان داد که در بین شرایط مختلف مورد مطالعه برای خشک کردن انگور، پیش‌تیمار کربنات پتاسیم و روغن سبزه، دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت جریان هوای ۲/۵ متر بر ثانیه شرایط مطلوبتری بوده است.

### قدردانی

از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد و شرکت شهرک‌های صنعتی خراسان رضوی برای کمک‌های مالی و فراهم نمودن امکانات انجام تحقیق قدردانی می‌شود.

افزایش دما و سرعت هوای خشک‌کننده و نیز استفاده از پیش-تیمار آماده‌سازی موجب افزایش شدت خشک شدن انگور شد. استفاده از دمای هوای خشک‌کننده ۶۰ درجه سانتی‌گراد، مطلوب‌ترین مقادیر بافت، چروکیدگی و کمترین شاخص قهوه‌ای شدن را به دنبال داشت و بیشترین مقدار بازجذب آب مربوط به کشمش خشک شده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بود. سرعت جریان هوای خشک‌کننده تنها بر شاخص قهوه‌ای شدن تاثیر معنی‌داری گذاشت. افزایش سرعت جریان هوا، کاهش شاخص قهوه‌ای شدن را سبب شد. در بین پیش‌تیمارهای به کار رفته، نتایج فیزیکی‌وشیمیایی بهتر، مربوط به پیش‌تیمار کربنات پتاسیم و روغن سبزه بود. به طور کلی مقایسه ویژگی‌های

### منابع

- Aguilera, J.M., and Stanley, D.W. 1999. Micro structural principles of food processing and engineering (2nd ed.). Gaithersburg: Aspen Publishers.
- Alizadeh Bahaabad, G., Esmaili, M., Alizadeh, M., and Gharibzahedi, S.M.T. 2010. Effect of Grape Chemical Pretreatment and its Storage Conditions on the Texture Properties of Raisin. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 8 (2): 141-145.
- Al-Khuseibi, M.K., Sablani, S.S., and Perera, C.O. 2005. Comparison of water blanching and high hydrostatic pressure effects on drying kinetics and quality of potato. *Drying Technology*, 23: 2449-2461.
- Alvarez, C.A., Aguerre, R., Gomez, S., Vidales, S., Alzamora, S.M., and Gerschenson, L.N. 1994. Effect of blanching and glucosedipping pre-treatment on air-drying behavior of strawberries. In Argai, A., Lopez-Malo, A., Palou, E., and Corte, P. Symposium on the properties of water Proceedings of the poster session (pp. 11-14). *Mexico: Universidad de los Americas*.
- Baloch, A.K., and Edward, R.A. 1973. Measurement of non enzymatic browning of dehydrated carrot. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24: 389-398.
- Barbosa-candvas, G., and Vega-Mercado, H. 1996. Dehydration of food. Champ & Hall, New York, N.Y.
- Bondaruk, J., Markowski, M., and Błaszczak, W. 2007. Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 81: 306-312.
- Brennan, J.G. 1994. Food dehydration: a dictionary and guide. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Canovas, V.G., and Mercado, H.V. 1996. Dehydration of Food. Chapman and Hall Publishers. New York, U.S.A
- Crapiste, G.H. 2000. Simulation of drying rates and quality changes during dehydration of foodstuffs. In J. E. Lozano, M. C. An, E. Parada Arias, & G. V. Barbosa-Candvas (Eds.), *Trends in food engineering* (pp. 135-148). Technomic Publishing Co., Inc.
- Dimatteo, M., Cinquanta, L., Galiero, G., Crescitelli, S. 2000. Effect of a novel physical pretreatment process on drying kinetics of seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 46 (2): 83-9.
- Doymaz, I. 2008. Convective drying kinetics of strawberry. *Chemical Engineering Process*. 47: 914-919.
- Doymaz, I and Altiner, P. 2012. Effect of pretreatment solution on drying and color characteristics of seedless grapes. *Food Science and Biotechnology*, 21 (1): 43-49.
- Doymaz, I., and Kocayigit, F. 2011. Drying and Rehydration Behaviours of Convection Drying of Green Peas. *Drying Technology*, 29 (11): 1273-1282.
- Drouzas, A.E., Tsami, E., and Saravacos, G.D. 1999. Microwave vacuum drying of model fruits gels. *Journal of Food Engineering*, 63: 679-683.
- Eissen, W., Muehlbauer, W., and Kutzbach, H.D. 1985. Solar drying of grape. *Drying Technology*, 3(1): 63-74.
- Esmaili, M., Sotudeh-gharebagh, R., Cronin, K.E., Mousavi, M.A., and Rezazadeh, A. 2007. Grape drying, A Review. *Food Reviews International*, 23: 257-280.
- FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), FAOSTAT Database, <http://apps.fao.org/>. 2012.
- Gerschenson, L.N., Rojas, A.M., and Marangoni, A.G. 2001. Effect of processing on kiwi fruit dynamic rheological behaviour and tissue structure. *Food Research International*, 34: 1-6.
- Ghasemzadeh, R., Karbassi, A., and Ghoddousi, H.B. 2008. Application of Edible Coating for Improvement of Quality and Shelf-life of Raisins. *World Applied Sciences Journal*, 3 (1): 82-87.
- Ghanbarzadeh, B. 2005. Principles of food chemistry. *Ayeej publications*.
- Gholami, M., Rashidi, M. 2009. Influence of temperature, air velocity and pretreatments on drying of black currant

- grape. *Journal of Food Science and Technology*, 6: 2, 13- 22.
- Institute of Standard and Industrial Research of Iran. 2015. Dry fruits –determination of the moisture content-test methods. ISIRI Number 672.
- Jalili Marandi, R. 2005. Small fruits (grape, strawberry, kiwi fruit, raspberry...). Jahad Daneshgahi Orumieh publications.
- Kaymak-Ertekin, F. 2002. Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *Journal of Food Science*, 67 (1): 168–175.
- Kerdpi boon, S., Kerr, W.L., and Devahastin, S. 2006. Neural network prediction of physical property changes of dried carrot as a function of fractal dimension and moisture content. *Food Research International*, 39: 1110–1118.
- Lin, T.M., Durance, T.D., and Scaman, C.H. 1998. A Characterisation of vacuum microwave air and freeze dried carrots slices. *Food Research International*, 4: 111 –117.
- Maghsoudi, S. 2008. The technology of grape and its products. Elm Keshavarzi Iran publications.
- Mahmutoglo, T., Emir, F., and Saygi, Y.B. 1996. Sun/Solar drying of differently treated grapes and storage stability of dried grapes. *Journal of Food Engineering*, 29: 289-300.
- Marques, L., Prado, M., and Freire, J. 2009. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *LWT Food Science and Technology*, 42 (7): 1232–1237.
- Mayor, L., and Sereno, A.M. 2004. Modeling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering*, 61: 373–386.
- McLellan, M.R., Kime, R.W., Lee, C.Y., and Long, T.M. 1995. Effect of honey as anti browning agent in light raisin processing. *Journal of food processing and preservation*, 19(1): 1-8.
- Okos, M.R. 1989. Design and control of energy efficient food drying processes with specific Reference to quality. Report Purdue University, Indiana.
- Pahlavanzadeh, H., Basiri, A., and Zarrabi, M. 2002. Grape drying. *scientia Iranica*, 9 (1): 66-70.
- 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.
- Parin, H. 2004. Effect of pretreatment and air temperature on the dry rate, rehydration capacity and color of artichoke. MSc Thesis. The graduate school of natural and applied science of Middle East Technical University.
- Ponting, J.D., and McBean, D.M. 1970. Temperature and dipping treatment effect on drying rates and drying times of grapes, prunes and other waxy fruits. *Food Technology*, 24: 1403-1406.
- Potter, N.N., and Hotchkiss, J.H. 1998. Food dehydration and concentration. *In Food science* (5th ed., pp. 200–244). Maryland: Aspen Publishers.
- Rahman, M.S. 2007. Handbook of food preservation. 2nd ed. CRC press: 408-409.
- Ren, G., and Chen, F. 1998. Drying of American Ginseng Roots by Microwave-hot Air Combination. *Journal of Food Engineering*, 35 (4): 433- 443.
- Rolle, L., Giordano, M., Giacosa, S., Vincenzi, S., Segadea, S.R., Torchio, F., Perrone, B., and Gerbi, V. 2012. CIEL\*a\*b\* parameters of white dehydrated grapes as quality markers according to chemical composition, volatile profile and mechanical properties. *Analytica Chimica Acta*, 732: 105-113.
- Senadeera, W., Bhandari, B., Young, G., and Wijesinghe, B. 2000. Physical property changes of fruits and vegetables during hot air drying. In A. S. Mujumdar (Ed.), *Drying technology in agriculture and food sciences* (pp. 149–166). Enfield (NH), USA: Science Publishers, Inc.
- Shafafi Zenoosian, M. 2007. Use of artificial neural network and image processing to modeling and analyzing of pumpkin dry processing by combined osmo- air drying method. *PhD Thesis*, Ferdowsi University of Mashhad.
- Shanmugavelu, K.G. 2003. Grape cultivation and processing. Agrobios (India) press.
- Sharma, G.P., and Prasad, S. 2001. Drying of Garlic (*Allium sativum*) Cloves by Microwave-hot Air Combination. *Journal of Food Engineering*, 50 (2): 99-105.
- Shekofteh, M., Eskandari Cherati, F., Kamyab, S., and Hosseinpor, Y. 2012. Study of Shrinkage of Potato Sheets during Drying in Thin-Layer Dryer. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 4 (16): 2677-2681.
- Simal, S., Rossello, C., Sanchez, E., and Canellas, J. 1996. Quality of raisins treated and stored under different conditions. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 44: 3297-3302.
- Toosi, M. 2009. Study of internal and external market of raisin (problems and solutions). *Agricultural Planning Economic and rural Development Research Institute*.
- 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.
- Vega-Glvez, A., Scala, K.D., Rodriguez, K., and Lemus-Mondaca, R. 2009. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, anti oxidant capacity, color and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117: 647–653.

- Wang, N., and Brennan, J.G. 1995. Changes in structure, density and porosity of potato during dehydration. *Journal of Food Engineering*, 24: 61-76.
- Xiao, H.W., Pang, C.L., Wan, L.H., Bai, J.W., Yang, W.X., and Gao, Z.J. 2010. Drying kinetics and quality of Monukka seedless grapes dried in an air-impingement jet dryer. *biosystems engineering*, 105: 233-240.
- Yadollahinia, A., and Jahangiri, M. 2009. Shrinkage of potato slices during drying. *Journal of Food Engineering*, 94: 52-58.
- Yan, Z., Sousa-Gallagher, J.M., and Oliveira, A.R.F. 2007. Shrinkage and porosity of banana, pineapple and mango slices during air-drying. *Journal of Food Engineering*, 83 (3): 430-440.
- Zarrabi, M. 1998. Determination of planning parameters in grape drying. MSc. Thesis, Tarbiat Modares University of Tehran.



## Investigation the effect of cabinet drying conditions and different pretreatments on drying rate of grape and quality of raisin

A. Ayoubi<sup>1</sup>, N. Sedaghat<sup>\*2</sup>, M. Kashaninejad<sup>3</sup>, M. Mohebbi<sup>4</sup>, M. Nassiri Mahalati<sup>5</sup>

Received: 2014.02.11

Accepted: 2014.09.09

**Introduction:** Raisin is ripped and dried form of grape. 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. Temperature, air velocity and pretreatment are important factors in grape drying process and its quality. One of the most important physical changes that the food suffers during drying is the reduction of its external volume. Loss of water and heating cause stresses in the cellular structure of the food leading to change in shape and decrease in dimension. Water movement and other solute materials influence the texture characteristics. Changes in shape, loss of volume and increased hardness cause in most cases a negative impression in the consumer. There are, on the other hand, some dried products that have had traditionally a shrunken aspect, a requirement for the consumer of raisins or dried apricots. The purpose of this research was study effect of drying conditions (drying air temperature, air velocity and pretreatments) on drying grape process and quality of raisin

### Materials and method:

#### Materials:

Grape (cv Askari) prepared from Kashmar gardens. Harvested samples have been kept at 4 °C. After measuring moisture, diameter and Brix, the safe seeds are separated from their cluster. In order to pretreatment process grapes are dipped into the following solutions:

- aqueous solution of potassium carbonate (2.5% w/w), and 2% Paksan oil
- aqueous solution of 2% olive oil
- hot water
- distilled water (control)

Experiments were performed at air temperatures of 60, 70 and 80 °C and air velocities of 1.5 and 2.5 m. s<sup>-1</sup>. A batch cabinet dryer containing three perforated trays was used for drying the samples. The thermal condition was variable and the operational temperature could be tuned with a built-in thermocouple. The grapes were put on the tray in single layer after pre-treatment. Drying process continued to reduce the moisture content of the grape samples to 13% (wet basis). After drying process the raisin samples were packaged in a 3 laminated layer bags (PE/PA/PE) and kept at temperature 4 °C. The dried sample was analyzed for its quality by estimating the rehydration, shrinkage, hardness and browning index. To calculate the drying rate at any time of the drying process, the sample weight at the time and the next time were measured. Shrinkage was determined from the change in volume of raisin prior and after drying. Rehydration properties were determined by immersing dried samples in boiling water (100 °C) for 10 min. Browning index was measured in according to the method developed by Baloch et al. Extraction of the water soluble brown pigment was carried out with acetic acid containing formaldehyde. Absorbance of supernatants was recorded at 420 and 600 nm, using an UV-VIS double-beam spectrophotometer (S2000 uv/vis light wave). The browning index was calculated by subtracting absorbance at 600 nm (for turbidity) from that of 420 nm. Hardness of raisins was determined in a puncture test

1-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

2 and 4- Associated Professor and Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3-Associated Professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture Science and Natural Resources university of Gorgan, Gorgan, , Iran.

5- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

(\*Corresponding author: sedaghat1@yahoo.com)

using a QTS texture analyzer (CNS Farnell, Essex, UK) equipped with a needle probe (stainless steel cylinder of 2 mm of diameter with a conical needle bit) and a test speed of 60 mm. min<sup>-1</sup> during the test. Hardness was defined as maximum force to puncture raisin from the top to a 2mm depth. Analysis of variance (ANOVA) was conducted for data using MSTAT-C software. Differences among the mean values were also determined using Duncan's Multiple Range test. A significant level was defined as a probability of 0.05.

**Results and Discussion:** The results showed that temperature, air velocity and pretreatment have significant effects on drying rate and quality of raisin. Drying rate increased with increasing temperature, air velocity and with application of pretreatment. The waxy cuticle of grape skin controls the rate of moisture diffusion through the berries and, in order to accelerate drying, chemical treatments are applied to remove or modify this cuticle and increase grape skin permeability to water. The results showed that pretreatment of potassium carbonate and Paksan oil had most effect in accelerating drying process. Rehydration depends on structural changes in vegetal tissues and cells of food material during drying, which produces shrinkage, collapse and reduces the water absorption capacity, thereby preventing the complete rehydration of the dried product. The pretreated grapes showed increased rehydration. Increasing temperature and application of pretreatment caused a reduction in shrinkage. It was found that increasing drying temperature increased the hardness of raisin and treating the grape caused reducing the hardness of raisin. Increasing drying temperature resulted in higher browning index. The treated grape by potassium carbonate and Paksan oil had least browning index. Increasing air velocity decreased browning index. The best values of hardness (0.73 N), shrinkage (81/04%) and the least value of browning index (0/157) were related to dried raisin at 60 °C and most value of rehydration (1/266) was related to dried raisin at 70 °C. Air velocity just significantly affected on browning index. Also between used pretreatments, potassium carbonate and paksan oil caused best physicochemical results.

**Keywords:** Air velocity, Drying, Drying rate, Hardness, Raisin, Shrinkage.