

تأثیر سه روش خشک کردن بر ویژگی‌های بیوفیزیکی و بیوشیمیایی کشمش

روح‌الله کریمی^{۱*} و فرزاد میرزایی^۲

۱. استادیار، گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر و عضو دپارتمان به‌زراعی انگور، پژوهشکده انگور و کشمش، دانشگاه ملایر

۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۱۸)

چکیده

کشمش مهم‌ترین فرآورده انگور در ایران است که در فرآیند خشک شدن حبه‌ها به‌دست می‌آید. با توجه به تولید بالای انگور در کشور بهینه‌سازی روش‌های تهیه کشمش به منظور افزایش تقاضا در بازارهای جهانی ضروری است. در این بررسی تأثیر سه روش تهیه کشمش شامل سایه‌خشک، آفتاب‌خشک و تیزابی (کربنات پتاسیم + اتیل اولئات) بر ویژگی‌های بیوفیزیکی و بیوشیمیایی کشمش حاصل از انگور پیدانه سفید شامل عملکرد کشمش، سرعت خشک شدن، وزن خشک، وزن پوشال و همچنین ظرفیت پاداکسندگی یا آنتی‌اکسیدانی (با روش‌های DPPH و FRAP)، فلاونوئیدکل، فنل کل، پروتئین کل، قندهای محلول (فروکتوز، گلوکز، ساکارز، رافینوز)، اسیدهای آلی (آسکوربیک، مالیک، تارتاریک) و برخی عنصرهای غذایی در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در هر تیمار در پژوهشکده انگور و کشمش دانشگاه ملایر انجام شد. در شهریورماه سال ۱۳۹۴ میوه‌ها بر پایه شاخص درجه بریکس ۲۲ برداشت و ضمن تیمار روی بارگاه‌های طبقه‌ای توری تا رسیدن به رطوبت ۱۵ درصد قرار داده شدند. بنا بر نتایج اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بین ویژگی‌های بیوفیزیکی و بیوشیمیایی هر سه روش خشک کردن مشاهده شد. بیشترین زمان خشک کردن مربوط به روش سایه‌خشک و کمترین زمان مربوط به روش تیزابی بود. همچنین بیشترین و کمترین سرعت تبدیل انگور به کشمش به ترتیب متعلق به روش‌های خشک کردن تیزابی و سایه‌خشک بود. عملکرد کشمش تولیدی در روش تیزابی بیشترین و در روش آفتاب‌خشک کمترین بود. محتوای فنل کل، فلاونوئیدکل و ظرفیت پاداکسندگی تعیین شده با دو روش DPPH و FRAP در کشمش تیزابی در مقایسه با کشمش‌های آفتاب‌خشک و سایه‌خشک به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0/01$) بیشتر بود. همچنین در روش تیزابی غلظت بالاتر قندهای محلول فروکتوز، گلوکز، ساکارز، رافینوز و اسیدهای آلی (به‌استثناء اسید آسکوربیک) در مقایسه با دیگر روش‌ها مشاهده شد. بنابراین روش تیزابی به دلیل تبدیل انگور به کشمش در بازه زمانی کمتر میزان اکسید شدن ترکیب‌های فنلی و فلاونوئیدی در مقایسه با روش‌های آفتابی و سایه‌خشک کمتر بوده و همچنین افزون بر ارزش تغذیه‌ای بالاتر ظرفیت پاداکسندگی بالاتری نیز داشت.

واژه‌های کلیدی: انگور، اسید تارتاریک، ضریب تبدیل، قندهای محلول، کشمش.

The effect of three drying methods on biophysical and biochemical properties of raisin

Rouhollah Karimi^{1*} and Farzad Mirzaei²

1. Assistance Professor, Faculty of Agriculture, Malayer University, Iran and Member of Production and Genetic Improvement Department, Iranian Grape and Raisin Institute, Malayer University, Iran

2. Former M. Sc. Student, Faculty of Agriculture, Malayer University, Iran

(Received: May 4, 2017 - Accepted: Aug. 9, 2017)

ABSTRACT

Raisin is the main product of grape in Iran that obtains through drying process. Regarding to mass production of grape in this country, optimization of the raisin preparation methods in order to increase world market demand is required. In this research, effects of three different methods of drying including of sun drying, shade drying and alkaline emulsion drying (potassium carbonate + ethyl oleate) were investigated on biophysical and biochemical properties of Sultana grape's raisin including raisins yield, drying rate, dry weight, and rachis weight and also antioxidant capacity (based on DPPH, FRAR methods), total flavonoids, total phenols, total protein, soluble sugars (fructose, glucose, sucrose, raffinose), organic acids (ascorbic acid, malic acid, tartaric acid) and some nutrients under a completely randomized design with three replicates in Iranian Grape and Raisin Institute of Malayer University. In early Sep. of 2015, fruits were harvested manually based on TSS index of 21 ($^{\circ}$ Brix) and then were laid on drying net racks until they reached 15% moisture. Based on results, significant differences were found among three drying methods regarding to both biophysical and biochemical properties. The highest drying period was related to shade drying methods while the lowest was found in alkaline emulsion drying method. Furthermore, the highest and lowest grape to raisin drying rate was belonged to alkaline emulsion and shade drying methods, respectively. Raisin yield was highest in alkaline emulsion drying method and lowest in sun drying method. The highest total phenol, total flavonoid and measured antioxidant capacity by DPPH and FRAR was found to be higher in alkaline emulsion drying method compared to other methods. Moreover, soluble sugars (sucrose, glucose, fructose and raffinose) and organic acids (tartaric, malic but not ascorbic acid) was higher in alkaline emulsion drying method than other methods. In conclusion, owing to faster grape to raisin drying rate observed in alkaline emulsion drying method, the oxidation of phenolic compounds and flavonoids of these raisins was lower compared to both sun-and shade drying methods which showed higher nutritional value and antioxidant capacity than other methods.

Keywords: Conversion rate, grapes, raisin, soluble sugars, tartaric acid.

* Corresponding author E-mail: Rouhollahkarimi@gmail.com; R.Karimi@malayeru.ac.ir

مقدمه

خشک کردن یکی از روش‌های نگهداری مواد غذایی است که نقش مهمی در پایداری و حفظ کیفیت محصول در مدت انبارداری دارد (Maghsoudi, 2012). به‌طور کلی انگورهای خشک‌شده در رقم‌های بیدانه که رطوبت درونی آن‌ها به محدوده ۱۵ درصد کاهش یافته باشد، به‌عنوان کشمش شناخته می‌شوند. کشمش دومین فرآورده انگور جهان و نخستین فرآورده انگور در ایران است که با فرآوری و خشک شدن حبه‌ها به‌دست می‌آید. هدف از تهیه کشمش افزایش زمان ماندگاری محصول و جلوگیری از فساد میکروبی در دوره انبارمانی است که این امر ضمن حفظ ارزش تغذیه‌ای آن، امکان حمل‌ونقل به مسافت‌های طولانی و عرضه خارج از فصل را میسر می‌سازد (Dincer, 1996). خشک کردن انگور و تبدیل آن به کشمش از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری این محصول است که نمایانگر حالت تغلیظ‌شده میوه تازه است که در فرایند آن رطوبت حذف شده باعث افزایش عمر قفسه‌ای آن می‌شود (Carranza et al., 2012; Almeida, 2013; Serio et al., 2014). این فرآیند شامل حذف رطوبت با استفاده از عمل تبخیر تا حد رسیدن به یک آستانه خاص است تا بتوان محصول را برای مدت طولانی انبار کرد و فعالیت‌های آنزیمی و تأثیر ریزجانداران (میکروارگانیسیم‌ها) و مخمرها را در آن متوقف کرد (Soysal, 2004). کشمش در کشورهای مختلف به‌صورت تازه‌خوری یا پخته در غذا و شیرینی به مصرف می‌رسد. رقم‌های تجاری انگور کشمش بافت نرم، بدون هسته، گوشت‌دار، طعم و مزه مطبوع شیرین داشته و نباید خیلی درشت یا خیلی ریز (برحسب نوع مصرف) باشند. از دیگر ویژگی‌های خوب برای رقم‌های کشمش، زودرس بودن و سریع خشک شدن حبه آن است (Maghsoudi, 2012; Nejatian, 2013). یکی از رقم‌های انگور کشمش معروف در جهان رقم بیدانه سفید یا سولتانا است که جایگاه ویژه‌ای در صنعت تهیه کشمش صادراتی ایران، ترکیه، یونان و آمریکا دارد (Arzani et al., 2009). با توجه به بالا بودن تولید سالانه انگور (۲/۱ میلیون تن؛ رتبه دهم جهان) و کشمش (بیش از ۱۵۰ هزار تن؛ رتبه

چهارم جهان) در کشور (FAO, 2014) و ظرفیت بالای اشتغال در صنعت انگور و کشمش، ضرورت توجه به مباحث پس از برداشت و بررسی راهکارهای بهینه‌سازی روش‌های تولید کشمش به‌منظور افزایش تقاضا در بازارهای جهانی بیش‌ازپیش احساس می‌شود. تاکنون از پیش تیمارهای پرشماری به‌منظور تسریع در زمان و میزان خشک شدن با حفظ ظاهر فیزیکی و کیفیت تغذیه‌ای حبه‌های انگور استفاده شده است. خشک کردن در معرض نور آفتاب، یا در مکان‌های مسقف در سایه، تونل‌های گرم و غوطه‌وری در محلول‌های قلیایی سرد (اتیل اولئات و کربنات پتاسیم) و گرم (سود سوزآور و آهک زنده) از جمله این روش‌هاست که در کشورهای مختلف برای تهیه کشمش به‌کاررفته است (Dincer, 1996; Gabas et al., 1999; Pangavhane et al., 2001; Arzani et al., 2009; Carranza, 2012; Almeida, 2013). بیشتر این تیمارها ضمن ایجاد تغییر در ساختار پوست حبه یا کوتیکول، منجر به تسریع از دست‌دهی آب حبه‌ها می‌شود (Essen et al., 1985; Pangavhane et al., 2001). در بررسی تأثیر پیش تیمارهای شیمیایی بر ویژگی‌های بیوفیزیکی کشمش، افزایش غلظت اتیل‌اولئات از ۰ تا ۳ درصد به همراه کربنات کلسیم ۲ درصد ضمن افزایش سرعت خشک شدن منجر به کاهش وضعیت چروکیدگی حبه‌ها شده است (Gabas et al., 1999). در بررسی تأثیر محلول‌های قلیایی در دما و غلظت‌های مختلف بر سرعت خشک شدن کشمش، محلول کربنات پتاسیم ۵ درصد در دمای ۴۲ درجه سلسیوس منجر به تهیه کشمش با کیفیت بهتر در زمان کمتری شد (Pahlavanzadeh et al., 2001). همچنین افزایش غلظت کربنات پتاسیم از ۴ به ۵ درصد در محلول اتیل‌اولئات ۲ درصد منجر به افزایش سرعت خشک شدن کشمش شده است (Doymaz & Pala, 2002). در کشمش تولیدی از روش ماکروویو، غلظت اسید تارتاریک، قندهای محلول گلوکز، فروکتوز و ساکاروز بیش از کشمش تهیه‌شده در هوای گرم بوده است (Carranza et al., 2012). در بررسی سرعت خشک شدن انگور رقم موسکات در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۲۲ درصد با پیش

سفید، (۲۰ کیلوگرم برای هر تیمار) بر پایه شاخص محتوای مواد جامد محلول (درجه بریکس ۲۲) از یک باغ تجاری پانزده ساله واقع در روستای تاکخیز جوزان از توابع شهرستان ملایر برداشت شدند. هرگونه پوشش گیاهی، خار و خاشاک و بذر علف‌های هرز میوه‌ها جدا و درون سبدهای پلاستیکی (ابعاد ۳۶×۱۸×۲۵ سانتی‌متر) به‌آرامی تا محل تهیه کشمش در پژوهشکده ملی انگور و کشمش دانشگاه ملایر منتقل شد. این آزمایش شامل سه تیمار شامل سه روش تهیه کشمش آفتاب‌خشک، سایه‌خشک و تیزابی (سبزه) بود که در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در هر تیمار اجرا شد.

تیمارهای تهیه کشمش

برای تهیه کشمش آفتاب‌خشک، میوه‌ها روی بارگاه‌های طبقه‌ای با صفحه‌های توری به طول ۱۰ متر، عرض ۱/۵ متر و ارتفاع ۲/۵ متر قرار داده شد. در کف پایین‌ترین طبقه بارگاه توری گونی پلاستیکی به ابعاد کمی بیشتر از عرض بارگاه برای گردآوری حبه یا کشمش‌های ریخته‌شده از بارگاه انداخته شد. خوشه‌ها به‌خوبی در طبقه بالایی بارگاه پخش شد به‌طوری‌که ضخامت بین آن‌ها به‌اندازه عرض یک خوشه بود. در روش سایه‌خشک خوشه‌های انگور پس از اعمال تیمارهای شرح داده‌شده در روش آفتاب‌خشک در شرایط مسقف در سالنی با مساحت تقریبی ۵۰ مترمربع با دمای معمول اتاق قرار گرفت. دمای اتاق و میزان رطوبت در فاصله‌های زمانی مشخص کنترل می‌شد. در روش تیزابی خوشه‌ها به مدت ۵۰ ثانیه در محلول کربنات‌پتاسیم ۵ درصد و اتیل‌اولئات ۲ درصد (۵۰ گرم کربنات‌پتاسیم + ۲۰ میلی‌لیتر اتیل‌اولئات + ۱ لیتر آب) غوطه‌ور شد (Pahlavanzadeh et al., 2001). این محلول یکی از معروف‌ترین و پرکاربردترین تیمار تهیه کشمش در ملایر است که در بین تاکداران موسوم به 'روغن‌گرده' یا 'روغن سبزه' است. پس از این تیمار، خوشه‌ها روی بارگاه‌های طبقه‌ای با صفحه‌های توری تهیه کشمش به‌صورت یک لایه خوشه در معرض آفتاب قرار داده شدند.

کشمش تهیه‌شده با روش‌های یادشده برای ارزیابی شاخص‌های بیوفیزیکی و بیوشیمیایی مانند

تیمارهای شیمیایی مختلف مشخص شد که در مدت‌زمان ۳ دقیقه همراه محلول کربنات‌پتاسیم (۰/۷٪) و روغن‌زیتون (۰/۴٪) در دمای ۶۰ درجه سلسیوس، مدت‌زمان خشک‌کردن از ۸۰ به ۲۰ ساعت کاهش یافته است (Vazques et al., 2000). همچنین در روش قلیایی گرم شاخص‌های کیفی مانند درصد رطوبت، پروتئین کل، اسید چرب، کربوهیدرات کل، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل عیار (تیترا) کشمش در دو رقم انگور تامپسون و سوناکا بررسی و مقادیر این صفات مشخص شد (Lokhande & Sahoo, 2016).

در فرایند خشک شدن تغییرهایی در ترکیب‌های انگور رخ می‌دهد که به‌ویژه باعث تغلیظ قندها طی آب‌کشیدگی میوه می‌شود (Franco et al., 2004). افزون بر این افزایش در انرژی کل، غلظت عنصرهای غذایی، محتوای لیف (فیبر) و به‌طورمعمول افزایش در فعالیت پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) کشمش در مقایسه با میوه از دیگر پیامدهای این تغلیظ شدگی ناشی از حذف رطوبت است (Serio et al., 2014). شاخص‌های تأثیرگذار در کیفیت کشمش شامل رطوبت کمتر از ۱۳ درصد، فشرده نشدن و دانه‌دانه بودن، نچسبیده بودن ذرات برگ روی سطح کشمش، نداشتن ذرات محور خوشه و دم حبه‌ها و نداشتن آلودگی است (Lewis & Simmons, 1978). حفظ و جلوگیری از کاهش شاخص‌های دخیل در ارزش غذایی کشمش یکی از برنامه‌های مدیریتی مؤثر در افزایش کیفیت و در نتیجه تقاضا برای خرید کشمش در بازارهای داخلی و خارجی است. کاهش زمان تهیه کشمش و نیز جلوگیری از آلودگی از دیگر مؤلفه‌های تعیین کیفیت کشمش است. به همین منظور در این بررسی برخی شاخص‌های کمی، کیفی و تغذیه‌ای مرتبط با کشمش در سه روش آفتاب‌خشک، سایه‌خشک و تیزابی در رقم 'بیدانه سفید' ارزیابی و قابلیت (پتانسیل) هر روش در ارتباط با این تغییرپذیری کشمش با هم مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و محل اجرای آزمایش

در بیستم شهریورماه ۱۳۹۴ میوه‌های انگور رقم 'بیدانه'

روی جدا شد. میزان ۳۰۰ میکرولیتر عصاره با ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد و ۰/۵ سی سی فولین ۱۰ درصد مخلوط شد و مخلوط به دست آمده به مدت ۲۰ دقیقه در محل تاریک قرار داده شد. پس از طی شدن مدت زمان لازم، میزان جذب توسط دستگاه طیف‌سنج نوری یا اسپکتروفتومتر (کری‌وین یو ۱۰۰؛ واریان، استرالیا) در طول موج ۷۲۵ نانومتر برای هر نمونه اندازه‌گیری شده و سپس با استفاده از نمودار استاندارد اسید گالیک، میزان فنل برحسب میلی‌گرم اسید گالیک درصد گرم وزن خشک (کشمش) به دست آمد.

فلاونوئیدکل

برای سنجش میزان فلاونوئیدکل از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم استفاده شد (Chang et al., 2002). در این روش در آغاز ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد در لوله آزمایش ریخته شد پس از آن ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم ۱ مولار به لوله‌ها اضافه و با آن مخلوط و سپس ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر به لوله‌ها اضافه شد. در مرحله آخر ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول عصاره کشمش به مخلوط اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفتند و در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج نوری تعیین شد. مقدار فلاونوئیدکل برای هر کدام از عصاره‌ها در سه تکرار به صورت معادل میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن خشک (کشمش) محاسبه شد.

ظرفیت پاداکسندگی با روش دی‌پی‌پی‌اچ (DPPH) 2, 2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl, Sanchez et al., 1998

در این روش ۰/۵ گرم از بافت کشمش با ۴ سی سی متانول ۸۰ درصد همگن شده و مخلوط به دست آمده در ۶۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رویی را با ۳۴۰۰ میکرولیتر محلول ۰/۵ میلی‌مولار دی‌پی‌پی‌اچ (سیگما آلدریج، آلمان) مخلوط و محلول حاصل را به مدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریکی نگهداری شد. سپس میزان جذب نوری آن در ۵۱۷ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج نوری خوانده شد. ظرفیت مهارکنندگی رادیکال (Radical Scavenging)

مدت زمان تهیه کشمش، سرعت خشک شدن، عملکرد کشمش تولیدی، درصد ماده خشک، وزن پوشال و کربوهیدرات‌های محلول، ترکیب‌های فنلی، فلاونوئید، ظرفیت پاداکسندگی، قندهای محلول (گلوکز، فروکتوز و ساکاروز)، اسیدهای آلی (تارتاریک اسید، مالیک اسید و آسکوربیک اسید) و عنصرهای غذایی (پتاسیم، منیزیم، آهن، روی) به آزمایشگاه تولیدهای گیاهی-باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر منتقل شد.

مدت زمان تهیه و سرعت خشک شدن کشمش

شمار روز لازم تا رسیدن به معیار رطوبت ۱۵ درصد محصول برای گردآوری و آماده شدن کشمش در هر سه روش در نظر گرفته شد. در این میزان رطوبت حبه‌های کشمش از خوشه به آسانی جدا و گردآوری شد (Almeida et al., 2013). سرعت خشک شدن (سرعت تبدیل) با تقسیم وزن نهایی کشمش بر مدت زمان تهیه کشمش به دست آمد (Dincer, 1996)

ماده خشک کشمش و وزن خشک پوشال

ماده خشک کشمش و وزن پوشال جداگانه پیش و پس از قرار دادن در آن (مدت سه روز در دمای ۷۰°C) تعیین شد. درصد وزن خشک کشمش و پوشال با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$(1) \quad \text{وزن خشک} (\%) = 100 \times \left(\frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} \right) = 1 - \left(\frac{\text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} \right)$$

عملکرد کشمش تولیدی

در زمان برداشت میوه چیده شده را توزین و پس از آن محصول به دست آمده اختلاف این دو از رابطه ۲ محاسبه شد (Almeida et al., 2013).

$$(2) \quad \text{عملکرد کشمش (کیلوگرم)} = 100 \times \left(\frac{\text{وزن کشمش}}{\text{وزن میوه}} \right)$$

فنل کل

محتوای فنل کل موجود در کشمش با روش فولین-سیوکالتیو انجام شد (Velioğlu et al., 1998). در این روش ۰/۵ گرم کشمش در ۴ سی سی اتانول بسیار کوبیده و محلول همگنی تهیه شد که پس از ۲۰ دقیقه سانتریفوژ در دور ۹۵۰۰ بر دقیقه محلول شفاف

داده شد تا برای تفکیک قندها به دستگاه HPLC تزریق شود (Shin *et al.*, 2002). به منظور جداسازی قندها از دستگاه HPLC مدل Unicam-Crystal-200 ساخت کشور انگلیس که مجهز به آشکارساز UV-vis SPD MLOAD از نوع Photodiode array بود استفاده شد. میزان تزریق ۱۰ میکرولیتر و ستون به کار گرفته شده Spherisorb C₈-ODS₂ به ابعاد طول ۱۵۰ میلی‌متر و قطر ۴/۶ میلی‌متر و قطر ذرات ۰/۳ میکرون بود. فاز متحرک شامل بافر سیترات سدیم pH=۵/۵ و استونیتریل بالا خالص با نسبت ۱:۹۹ و با سرعت عبور ۰/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود (Comis *et al.*, 2001). بر پایه زمان بازداری و با استفاده از استانداردهای گلوکز، ساکاروز، فروکتوز و رافینوز، نوع و میزان قندها در نمونه‌های مجهول مشخص و به صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک (کشمش) بیان شد.

اسیدهای آلی

برای اندازه‌گیری اسکوربیک اسید (ویتامین ث) مقدار ۵ گرم نمونه کشمش در لوله آزمایش با ۵ میلی‌لیتر محلول فسفریک اسید ۲/۵ درصد مخلوط شد. مخلوط حاصل با سرعت ۶۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ده دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از بخش شفاف رویی لوله برداشته شد و با محلول اسید فسفریک ۲/۵ درصد به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. مخلوط حاصل از صافی ۰/۴۵ میکرون عبور داده شد و پس از آن به دستگاه HPLC تزریق شد. اسید اسکوربیک با استفاده از ستون C₁₈ (ابعاد ۲۵۰×۴/۶ میلی‌متر) دستگاه HPLC آشکار شد. آب بالا خالص بوده و به عنوان فاز متحرک با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد و pH با استفاده از اسیدسولفوریک معادل ۲/۲ تنظیم شد. خواندن با آشکارساز DAD با طول موج ۲۵۴ نانومتر انجام گرفت. برای تعیین اسید اسکوربیک، غلظت‌های مختلف (۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام) ال-اسکوربیک اسید (سیگما) استفاده شد (Serio *et al.*, 2014).

برای اندازه‌گیری اسید تارتاریک و اسیدمالیک به ۱ گرم بافت کشمش، ۱۵ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر شده و ۴ میلی‌لیتر محلول بافر اضافه شد. پس از یکنواخت

از رابطه ۳ محاسبه شد. در این رابطه Capacity; RSC و A sample به ترتیب میزان جذب شاهد (DPPH خالص) و نمونه (عصاره) هستند.

$$\text{DPPH RSC (\%)} = [(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}] \times 100 \quad (3)$$

ظرفیت پاداکسندگی به روش اف‌آرای پی (Ferric Reducing Ability Power)

این روش بر پایه احیای محلول آهن سه ظرفیتی زردرنگ به آهن دو ظرفیتی آبی‌رنگ در PH پایین است. برای تهیه این محلول ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول بافر سدیم‌استات (۳۰۰ میلی‌مولار؛ pH=۳/۶)، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول ۱۰ میلی‌مولار تی‌پی‌تی‌زد (۲،۴،۶-Tripyridyl-s-triazine) و ۱۰ میلی‌لیتر از کلرید آهن ۶ آبه (۲۰ میلی‌مولار) به ترتیب به نسبت‌های ۱:۱:۱ در ۳۷ درجه سلسیوس با هم مخلوط شدند. برای انجام این آزمایش، ۳ میلی‌لیتر از محلول اف‌آرای پی درون لوله‌ها ریخته و پس از آن ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره کشمش به هر تیمار افزوده شد. سر لوله‌ها با فویل پوشانده شد، آنگاه به مدت ۱۰ دقیقه در حمام بن‌ماری با دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. جذب محلول‌های به‌دست‌آمده در ۵۹۳ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج نوری خوانده و نتایج برحسب میکرومول آهن با استفاده از منحنی واسنجی (کالیبراسیون) به‌دست‌آمده از غلظت‌های مختلف FeSO₄ بیان شد (Benzie & Strain, 1996).

پروتئین کل

غلظت نیتروژن کشمش با روش کجلدال ارزیابی شد. غلظت پروتئین کل با حاصل ضرب غلظت نیتروژن کشمش در ۶/۲۵ به‌عنوان نرخ تبدیل در انگور به‌دست آمد (Cetin *et al.*, 2011).

قندهای محلول

برای استخراج قندهای محلول (گلوکز، فروکتوز و ساکاروز) در آغاز نمونه‌ها در نیتروژن مایع منجمد شدند. در مرحله بعد بافت‌ها با کمک نیتروژن مایع کامل پودر شد. ۵ گرم از بافت پودر شده توزین و در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد محلول و به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۸۰۰۰ سانتریفیوژ شد. این محلول از صافی ۰/۲ میکرومتر عبور

عنصرهای کشمش

به منظور استخراج و اندازه‌گیری غلظت عنصرهای غذایی پتاسیم، منیزیم، آهن، روی از نمونه‌های کشمش نیز با برداشت نمونه‌های به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف گردآوری شد. نمونه‌ها کشمش در آغاز در دمای ۷۵ درجه سلسیوس برای مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. برای کانی کردن نمونه‌ها از روش خاکستر خشک استفاده شد. بدین منظور در آغاز ۱ گرم نمونه درون کروزه ریخته و به مدت ۶ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا خاکستر سفیدرنگ تشکیل شود. سپس به هر نمونه خاکستر ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۱ نرمال افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه روی حمام بن ماری قرار داده شد تا رنگ لیمویی ظاهر شود. عصاره‌های موجود، با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. اندازه‌گیری عنصرهای آهن و روی با دستگاه جذب اتمی (مدل پرکین‌مر، امریکا) و اندازه‌گیری پتاسیم و منیزیم با دستگاه نورسنج شعله‌ای (فلیم فتومتر مدل جنوی، انگلیس) انجام شد (Hamada & El-Enany, 1994; Zarei et al., 2013).

تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار آماري SAS 9.1 (دستورکار GLM) و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های بیوفیزیکی

تأثیر روش‌های خشک کردن بر مدت‌زمان تهیه کشمش، سرعت تبدیل انگور به کشمش، عملکرد کشمش تولیدی، ماده خشک کشمش و وزن پوشال در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

کردن، این محلول به درون لوله‌های سانتریفوژ ریخته و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفوژ شد. محلول شفاف بالایی، از صافی میلی‌پور ۰/۴۵ میکرون عبور داده شد و در ظرف نمونه شیشه‌ای گردآوری و از آن برای تزریق به دستگاه HPLC استفاده شد. دستگاه با مدل شیمادزو برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی با مشخصات زیر بهره‌گیری شد. ستون جداکننده به ابعاد ۹/۷ در ۳۰۰ میلی‌متر از نوع SCR-101H مخصوص تجزیه اسیدهای آلی، محافظ ستون SCR(H) به ابعاد ۹/۷ در ۴۰ میلی‌متر، سامانه فاز متحرک ایزوکراتیک، فاز متحرک آب‌اسیدی شده با اسیدسولفوریک ۲/۱ pH و N=۰/۰۰۹ سرعت جریان فاز متحرک ۷/۰ میلی‌لیتر در دقیقه، حساسیت سیستم برابر ۳، دمای ستون جداکننده ۷۵°C، سرعت چارت برابر ۵ میلی‌متر در دقیقه، شناساگر طیف‌سنج نوری در ناحیه مرئی فرابنفش مدل SPD-6AV در طول موج ۲۱۴ نانومتر مخصوص شناسایی اسیدهای آلی، سامانه تزریق Rheodyne پس از استخراج اسیدهای آلی از هر نمونه توسط لوپ، تزریق با سرنگ همپلتون مخصوص HPLC، ۲۰ میکرولیتر با دو تکرار انجام شد و نتایج به‌دست‌آمده و اطلاعات مربوط سطح زیر منحنی‌های نمونه و زمان ماندگاری هر یک ثبت شد. نوع و غلظت اسیدهای آلی موجود در نمونه با توجه منحنی‌های استاندارد و زمان ماندگاری هر اسید خالص، مشخص و محاسبه شد. برای تهیه منحنی‌های استاندارد اسید تارتاریک و اسید مالیک غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳، ۰/۰۴ و ۰/۰۵ (وزنی - حجمی) تهیه شد. برای هر غلظتی از این اسیدها، سه تزریق به حجم ۱/۵ میکرولیتر انجام و اطلاعات مربوط به آن‌ها ثبت و برای تهیه نمودار استاندارد استفاده شد (Spiller & Spiller, 2001). مقادیر به‌صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک (کشمش) بیان شد.

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر روش‌های خشک کردن (تیزابی، آفتاب‌خشک و سایه‌خشک) بر برخی شاخص‌های بیوفیزیکی کشمش انگور بیدانه سفید

Table 1. Analysis of variance of drying methods effect (chemical, sun and shade -drying) on some biophysical traits of raisin of 'Sultana' grapevine

Source of variation	df	Mean of squares				
		Raisin drying period	Drying rate	Raisin yield	Dry matter	Rachis weight
Treatment	2	6200	1030	114.1	4.29	342
Error	6	4.50	0.44	5.61	0.58	12
Coefficient of variation (%)		3.06	2.55	1.08	1.03	1.15

ns * **: نبود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد. ns, *, **: Non-significantly difference and significantly differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.

ترک‌های بسیار ریز در پوست حبه بر زمان خشک شدن انگور تأثیر می‌گذارد و ضمن کاهش سرعت قهوه‌ای شدن منجر به تولید کشمش با رنگ روشن و پوست میوه صاف (چروکیدگی کمتر) در فرایند خشک‌کردن شده و باعث افزایش کیفیت کشمش می‌شود (Lokhandeh & Sahoo, 2016).

بیشترین عملکرد کشمش تولیدی در روش تیزابی با ۲۸۴ گرم در کیلوگرم و کمترین عملکرد در روش آفتاب‌خشک با ۲۷۲ گرم در کیلوگرم انگور بود. کشمش تهیه‌شده در روش آفتاب‌خشک ماده خشک بیشتری در مقایسه با دو روش دیگر داشت (جدول ۲). بیشترین وزن پوشال مربوط به روش آفتابی و کمترین مقدار آن مربوط به روش تیزابی بود. بنا بر نتایج، عملکرد کشمش تولیدی در روش تیزابی ۲۹ درصد بود یعنی از هر ۳/۵ کیلوگرم انگور ۱ کیلوگرم کشمش به دست آمد. در بررسی تأثیر پیش تیمارهای مختلف روی عملکرد و زمان خشک شدن کشمش رقم پرلت در پنجاب پاکستان بیشترین عملکرد کشمش مربوط به روش قلیایی مخلوط با شربت شکر با ۲۸۳ گرم در کیلوگرم و کمترین عملکرد کشمش مربوط به روش آفتاب‌خشک (۲۷۷ گرم در کیلوگرم) بود (Mandal & Thakur, 2015) که دلیل این افزایش عملکرد را چسبیدن ذرات روغن و شکر به سطح پوست حبه عنوان کردند. در این بررسی عملکرد بالاتر در روش تیزابی می‌تواند با وزن کمتر پوشال به دست آمده در این روش در مقایسه با دو روش دیگر مرتبط باشد. البته این نکته را هم باید یادآوری کرد که رسوب روغن روی پوست حبه‌ها و نیز چسبیدن ذرات روی سطح چسبناک حبه‌ها در روش تیزابی نیز روی وزن بیشتر کشمش تولیدی در این روش بی‌تأثیر نیست.

مدت‌زمان تهیه کشمش در روش سایه‌خشک بیشترین و روش تیزابی کمترین بود (جدول ۲). همچنین بیشترین سرعت خشک شدن (تبدیل انگور به کشمش) در روش تیزابی و کمترین سرعت خشک شدن در روش سایه‌خشک به ازای هر کیلوگرم انگور بود (جدول ۲). در بررسی تأثیر روش‌های مختلف بر تهیه کشمش سولتانینا مدت‌زمان لازم برای خشک شدن کشمش در روش آفتاب‌خشک ۱۴ روز و در روش تیزابی ۷ روز به طول انجامید (Isçi & Altımdisli, 2015). همچنین در بررسی دیگری تأثیر خشک‌کردن روی شاخص‌های کیفیت کشمش رقم تامسون بیدانه، محلول NaOH در دمای ۹۰ درجه سلسیوس برای ۲-۳ ثانیه باعث تسریع در سرعت خشک‌کردن شده است (Lokhandeh & Sahoo, 2016). در بررسی سرعت خشک‌کردن رقم رومی بیدانه با استفاده از تیمارهای شیمیایی (کربنات پتاسیم+ روغن‌زیتون) برای تولید کشمش مشخص شد که بهترین زمان غوطه‌وری شامل دو دقیقه در روغن‌زیتون ۵ درصد و کربنات پتاسیم ۶ درصد در دمای ۵۰ درجه سلسیوس است (Telis et al., 2006). تولید کشمش بیدانه سفید در بازه زمانی کم همراه با کیفیت بالا در اثر کاربرد محلول کربنات پتاسیم ۵ درصد در دمای ۴۲ درجه سلسیوس به دست آمده است (Pahlavanzadeh et al., 2001). همچنین در مقایسه سرعت تهیه کشمش سولتاننا با روش‌های مختلف، سرعت خشک شدن (ضریب تبدیل) کشمش قلیایی ۳/۴ برابر سریع‌تر از کشمش آفتاب‌خشک بوده است (Dincer, 1996) که با نتایج این بررسی همخوانی دارد. افزایش سرعت خروج آب از لایه پوست به‌واسطه پیش تیمار با کربنات پتاسیم با ایجاد

جدول ۲. تأثیر روش‌های خشک‌کردن (تیزابی، آفتاب‌خشک و سایه‌خشک) بر شاخص‌های بیوفیزیکی کشمش انگور بیدانه سفید*

Raisin production methods	Drying period (day)	Drying rate (g/day)	Raisin yield (g/kg fruit)	Dry matter (%)	Rachis weight (g/kg)
Chemical drying	5 ^c	56.7 ^a	284 ^a	83.9 ^b	115 ^c
Sun drying	15 ^b	18.1 ^b	272 ^c	85.7 ^a	130 ^a
Shade drying	65 ^a	4.5 ^c	278 ^b	83.4 ^b	124 ^b

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با هم ندارند.

* Means with a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$.

شاخص‌های بیوشیمیایی

تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن (تیزابی، آفتاب خشک و سایه خشک) بر میزان فنل کل، فلاونوئیدکل و ظرفیت پاداکسندگی اندازه‌گیری شده با هر دو روش DPPH و FRAP در کشمش انگور بیدانه سفید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین مقدار فنل کل مربوط به روش تیزابی و کمترین مقدار آن مربوط به روش آفتاب خشک بود، که اختلاف معنی‌داری با روش سایه خشک نداشت (شکل ۱-A). بیشترین غلظت فلاونوئیدکل مربوط به روش تیزابی و کمترین غلظت آن مربوط به روش آفتاب خشک بود (شکل ۱-B).

همچنین در روش DPPH، کشمش تولیدی از روش تیزابی در مقایسه با دیگر روش‌ها ظرفیت پاداکسندگی بیشتری (۵۹٪) داشت. ظرفیت پاداکسندگی کشمش تولیدی از روش‌های آفتابی و سایه خشک به ترتیب با ۵۸ درصد و ۵۴ درصد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۱-C). بیشترین ظرفیت پاداکسندگی اندازه‌گیری شده با روش FRAP مربوط به روش تیزابی و کمترین آن مربوط به روش سایه خشک بود (شکل ۱-D). کشمش یکی از منابع‌های غنی از پلی‌فنل‌ها بوده که اغلب برای سلامتی انسان سودمندند. از بین این ترکیب‌ها، فلاونول‌ها (کوئرستین و مشتقات کامفرول) و اسیدهای فنلی (کافتریک اسید و کوتاریک اسید) فراوانی بیشتری دارند. این ترکیب‌ها به‌طور ذاتی در انگور وجود داشته و یا ممکن است گاهی در فرآوری مشتق شوند (Carughi, 2009). محتوای ترکیب‌های فنلی و ظرفیت پاداکسندگی تحت تأثیر رقم (Costa et al., 2014)، روش‌های خشک کردن و شرایط نگهداری در انبار (Sanz et al., 2001) تغییر می‌کند. از سوی دیگر ظرفیت

پاداکسندگی انگور به‌طور معمول با کمیت و کیفیت ترکیب‌های فنلی در نمونه‌ها مرتبط است (Sanchez et al., 1998). در فرایند خشک شدن تغییرپذیری‌های ساختاری و شیمیایی در محتوای مواد موجود در آب و بافت میوه رخ می‌دهد که در کیفیت نهایی آن می‌تواند تأثیرگذار باشد (Serio et al., 2014). با بررسی اثر تیمار غلظت‌های مختلف محلول‌های قلیایی سرد و گرم بر غلظت ترکیب‌های فنلی و ظرفیت پاداکسندگی کشمش انگور بیدانه سفید مشخص شد که با افزایش غلظت کربنات‌پتاسیم از ۰/۷۵ تا ۰/۱ درصد ضمن کاهش زمان فراوری و تهیه کشمش، غلظت ترکیب‌های فنلی و در پی آن ظرفیت پاداکسندگی کشمش بیشتر می‌شود (Ghorbani et al., 2014). تفاوت در شرایط خشک کردن یکی از قابلیت‌های تأثیرگذار بر محتوای ترکیب‌های فنلی در فرآوری کشمش است که با تأثیر بر میزان پایداری و یا اکسید شدن این ترکیب‌ها در نهایت میزان فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد در کشمش به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف را دستخوش تغییر می‌کند. ترکیب‌های فنلی به‌مرور زمان در نتیجه عامل‌های مختلفی مانند واکنش با ترکیب‌های دیگر و اکسید شدن کاهش می‌یابند (Agulea et al., 1987). بنابراین هرچه کشمش در بازه زمانی طولانی‌تری تهیه شود انتظار می‌رود که بخش بیشتری از ترکیب‌های فنلی آن در نتیجه فعالیت آنزیمی پلی‌فنل اکسیداز، باند شدن به ماکرو مولکول‌های دیگر و یا اکسایش (اکسیداسیون) و قهوه‌ای شدن تدریجی در مجاورت نور خورشید بیشتر شود (Vermerris & Nicholson, 2006). که توجیه‌کننده غلظت پایین‌تر ترکیب‌های فنلی اندازه‌گیری شده کشمش در دو روش آفتاب و سایه خشک در مقایسه با روش تیزابی است.

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر روش‌های خشک کردن (تیزابی، آفتاب خشک و سایه خشک) بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی کشمش انگور بیدانه سفید

Table 3. Analysis of variance of drying methods effect (chemical, sun and shade -drying) on some biochemical traits of raisin of 'Sultana' grapevine

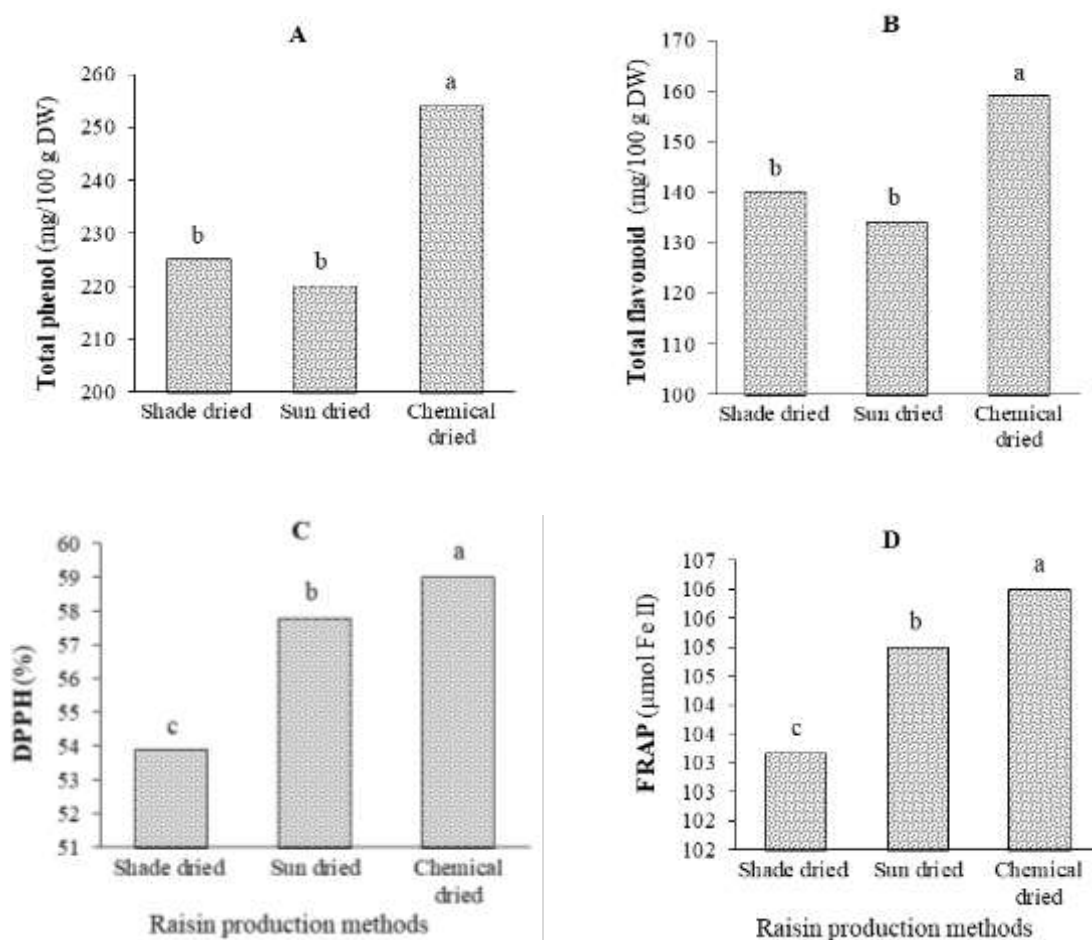
Source of variation	df	Mean of squares			
		Total phenol	Total flavonoid	Antioxidant capacity	
				FRAP	DPPH
Treatment	2	1872**	525**	6.40**	11.1**
Error	6	58.5	11.4	0.384	0.89
Coefficient of variation (%)		3.45	2.34	1.59	1.66

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.

بررسی ظرفیت پاداکسندگی و فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد چهار نمونه کشمش سولتانا (کشمش بیدانه) مشخص شد که محتوای ترکیب‌های فنلی در محدوده ۱۱۰ تا ۱۹۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم کشمش و ظرفیت پاداکسندگی با روش FRAP، ۶ تا ۹/۶ میلی‌مول آهن فرو و همچنین فعالیت بازدارندگی رادیکال سوپراکسید در آن از ۱۵ تا ۲۵ درصد بازدارندگی متغیر بود (Serio *et al.*, 2014). همچنین در بررسی آنان همبستگی نزدیک و معنی‌داری ($r=0/۹۵$; $P\leq 0/۰۵$) بین محتوای ترکیب‌های فنلی و ظرفیت پاداکسندگی کشمش سولتانا مشاهده شد (Serio *et al.*, 2014).

در این بررسی کشمش تهیه‌شده با روش تیزابی (قلیایی سرد) در مقایسه با کشمش دو روش دیگر ظرفیت پاداکسندگی بیشتری داشت که با محتوای ترکیب‌های فنلی و غلظت بالای فلاونوئیدها در ارتباط بود. این نتیجه می‌تواند با سرعت خشک شدن و در نتیجه اکسایش کمتر ترکیب‌های فنلی و پاداکسندگی در مقایسه با دو روش دیگر مرتبط باشد. در مقایسه ظرفیت پاداکسندگی (با روش FRAP)، کشمش تامپسون بیدانه در دو روش آفتاب‌خشک و گوگردی بیشترین ظرفیت پاداکسندگی (۲۳/۲۶ میلی‌مول آهن فرو) در روش آفتاب‌خشک به‌دست آمد (Pellegrini *et al.*, 2006). در



شکل ۱. فنل کل (A)، فلاونوئیدکل (B)، ظرفیت پاداکسندگی با روش DPPH (C) و ظرفیت پاداکسندگی با روش FRAP (D) کشمش انگور بیدانه سفید تولیدی از روش‌های تیزابی، آفتاب‌خشک و سایه‌خشک. میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با هم ندارند.

Figure 1. (A) Total phenol, (B) Total flavonoid, (C) antioxidant capacity measured by DPPH, and (D) FRAP methods of 'Sultana' grapevine raisin obtained under chemical, sun and shade-drying methods. Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$.

کمترین آن مربوط به روش سایه‌خشک بود که البته اختلاف معنی‌داری با روش آفتاب‌خشک نداشت (جدول ۵). بیشترین غلظت فروکتوز مربوط به روش تیزابی و کمترین آن مربوط به روش سایه‌خشک بود (جدول ۵). رافینوز در روش تیزابی نسبت به دو روش آفتاب‌خشک و سایه‌خشک غلظت بالاتری نشان داد (جدول ۵).

قندهای محلول در انگور همزمان با رسیدن افزایش می‌یابد با این حال غلظت این قندها می‌تواند تحت تأثیر فرایند خشک شدن دستخوش تغییرهایی شود (Aung *et al.*, 2002). در کشمش در حال تشکیل، گلوکز و فروکتوز بخش اعظمی (بیش از ۹۸٪) از قندهای محلول را شامل شده و ۲ درصد باقی‌مانده قندها را ساکاروز، رافینوز و سوربیتول تشکیل می‌دهد (Aung *et al.*, 2002). در بررسی محتوای قندهای شش کربنه (فروکتان) در کشمش تامپسون بیدانه در سه روش خشک کردن تیزابی، آفتابی و گوگردی، بیشترین غلظت قند فروکتوز در کشمش‌های تهیه‌شده با روش تیزابی (۸/۵ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) مشاهده شد (Pangavhane *et al.*, 1999). همچنین در مقایسه روش‌های خشک کردن بر تولید کشمش، درصد تبدیل میوه به کشمش (عملکرد) و قند کل مشخص شد که محتوای قند در همه روش‌ها (آفتاب خشک و حرارت ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس) همسان است (Almeida *et al.*, 2013).

در بررسی خشک کردن انگور در میکروویو با خشک کردن در هوای گرم مقایسه و مشخص شد که کشمش تولیدی در روش میکروویو ظرفیت پاداکسندگی بیشتری در مقایسه با روش هوای گرم دارد (Carranza *et al.*, 2012). سرعت تبدیل انگور به کشمش بر کیفیت درونی آن تأثیرگذار است. به همین خاطر در روش میکروویو به دلیل سرعت بالاتر تبدیل انگور به کشمش، ویژگی‌های بیوشیمیایی این فرآورده بیشتر از روش هوای گرم حفظ می‌شود (Carranza *et al.*, 2012). در این بررسی پایداری بیشتر فنل کل، فلاونوئید کل و نیز ظرفیت پاداکسندگی بالاتر کشمش تیزابی ممکن است با سرعت بالای خشک شدن انگور در این روش در مقایسه با دو روش سایه‌خشک و آفتاب‌خشک در ارتباط باشد.

قندهای محلول

تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن شامل سایه‌خشک، آفتاب‌خشک و تیزابی بر غلظت قندهای گلوکز، ساکاروز، فروکتوز و رافینوز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

بیشترین غلظت ساکاروز مربوط به روش تیزابی و کمترین مقدار مربوط به روش سایه‌خشک بود که البته اختلاف معنی‌داری با روش آفتاب‌خشک نداشت (جدول ۵).

بیشترین مقدار گلوکز مربوط به روش تیزابی و

جدول ۴. تجزیه واریانس تأثیر روش‌های خشک کردن (تیزابی، آفتاب‌خشک و سایه‌خشک) بر برخی ویژگی‌های کیفی کشمش انگور بیدانه سفید

Table 4. Analysis of variance of drying methods effect (chemical, sun and shade-drying) on some qualitative characteristic of raisin of 'Sultana' grapevine

Source of variation	df	Mean of squares							
		Sucrose	Glucose	Fructose	Raffinose	Protein	Malic acid	Tartaric acid	Ascorbic acid
Treatment	2	0.004**	39.02**	27.6**	0.009**	0.44**	17933.3**	337463**	3.93**
Error	6	0.0002	1.17	1.37	0.0001	0.023	754.4	5427	0.27
Coefficient of variation (%)		4.21	3.59	3.02	12.29	4.55	6.26	5.11	5.02

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۵. غلظت ساکاروز، گلوکز، فروکتوز و رافینوز کشمش انگور بیدانه سفید به دست آمده از روش‌های تیزابی، آفتاب‌خشک و سایه‌خشک*

Table 5. Sucrose, glucose, fructose and raffinose concentrations of 'Sultana' grapevine raisin obtained under chemical, sun and shade-drying methods*

Raisin production methods	Sucrose (mg/100g DW)	Glucose (mg/100g DW)	Fructose (mg/100g DW)	Raffinose (mg/100g DW)
Chemical drying	0.43 ^a	35.9 ^a	43.5 ^a	0.26 ^a
Sun drying	0.33 ^b	27.5 ^b	37.5 ^b	0.17 ^b
Shade drying	0.33 ^b	26.9 ^b	35.3 ^b	0.16 ^b

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با هم ندارند.
* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$.

اسید مالیک و اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. بیشترین مقدار تارتاریک اسید (۱۹۴۸ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم کشمش) مربوط به روش تیزابی و کمترین آن (۱۰۲۰/۳ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) مربوط به روش سایه خشک است (شکل B-۲). بیشترین مقدار مالیک اسید (۳۶۹ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) مربوط به روش تیزابی و کمترین آن (۲۱۷ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) مربوط به روش سایه خشک است (شکل C-۲). بیشترین غلظت اسید اسکوربیک (۱۲/۱ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) مربوط به روش سایه خشک و کمترین آن (۸/۹ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) مربوط به روش تیزابی بود (شکل D-۲).

اسید تارتاریک یکی از اسیدهای آلی غالب در انگور و کشمش تولیدی آن نقش به سزایی دارد به همین خاطر حفظ و جلوگیری از تبدیل این اسید آلی در فرایندهای تهیه کشمش اهمیت دارد. در روش تیزابی چون زمان کمتری صرف تبدیل انگور به کشمش شده به همین خاطر درصد ترکیبهای فنلی و اسیدهای آلی (به استثناء اسید آسکوربیک) بیشتری در کشمش به دست آمده از روش تیزابی قابل اندازه گیری شد (Parker et al., 2007; Carranza et al., 2012; Serio et al., 2004). در مقایسه خشک کردن انگور در میکروویو یا خشک کردن در هوای گرم میزان تارتاریک اسید در روش میکروویو (۱۸۴۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم کشمش) بود که با مقدار این اسید در کشمش روش هوای گرم (۹۴۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم کشمش) اختلاف معنی داری داشت (Carranza et al., 2012). برخلاف اسید مالیک و اسید تارتاریک میزان پایداری اسید اسکوربیک در روش سایه خشک بیش از دو روش دیگر بود (شکل D-۲). تاکنون بررسی راجع به مقایسه بین اسیدهای آلی کشمش در روشهای سایه خشک، آفتاب خشک و تیزابی دیده نشده، ولی در بررسی اسیدهای آلی کشمش به دست آمده با دو روش میکروویو و هوای گرم مقدار اسید اسکوربیک در روش هوای گرم بیشتر از روش میکروویو بوده است که دلیل آن را دمای بالاتر در روش میکروویو عنوان کرده اند (Carranza et al., 2012).

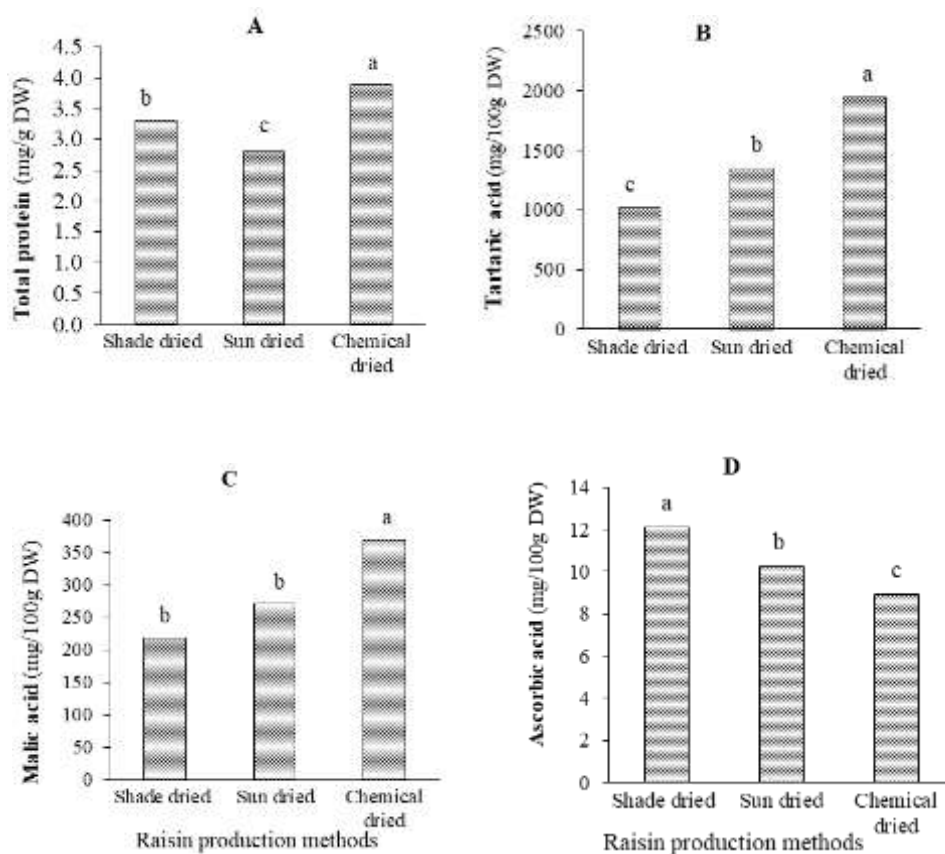
در بررسی دیگری روی تأثیر تیمارهای قلیایی و روشهای خشک کردن آفتابی و سایه خشک مشخص شد، کشمش تامسون بیدانه در روش آفتابی قندهای احیایی بیشتر و کشمش رقم پرلت در روش قلیایی قندهای احیایی بیشتری دارند (Mandal & Thakur, 2015). در بررسی دیگر غلظت گلوکز، فروکتوز و ساکاروز کشمش در روش میکروویو و هوای گرم مقایسه و مشخص شد که تأثیر روش بر غلظت گلوکز تأثیری ندارد ولی غلظت فروکتوز و ساکاروز در روش میکروویو دو برابر غلظت این قندها در کشمش به دست آمده در هوای گرم بود (Carranza et al., 2012). همچنین در مورد تأثیر پیش تیمارهای خشک کردن روی کیفیت تغذیه ای و عملکرد کشمش با میکروویو و هوای گرم مشخص شد که خشک کردن انگور با سرعت بیشتر باعث افزایش میزان اغلب قندهای محلول می شود (Carranza et al., 2012) که با نتایج به دست آمده در این بررسی همخوانی داشت.

پروتئین کل

تأثیر روشهای مختلف خشک کردن (سایه خشک، آفتابی، تیزابی) بر میزان پروتئین کل کشمش به دست آمده در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۴). بیشترین محتوای پروتئین مربوط به روش تیزابی و کمترین آن مربوط به روش آفتابی بود (شکل A-۲). این نتیجه گویای تأثیر روشهای خشک کردن بر محتوای پروتئین کشمش است که با توجه به مدت زمان تولید و تغییرات در محتوای آب می تواند دستخوش تغییر شود یا به متابولیت های دیگر تبدیل شود که نیاز به تحقیق بیشتری دارد. در بررسی تأثیر خشک کردن بر شاخص های کیفی کشمش دو رقم انگور تامپسون و سوناکا ارزیابی و مشخص شد که تأثیر روش خشک کردن هوای گرم تأثیر معنی داری بر محتوای پروتئین کل دارد (Lokhande & Sahoo, 2016).

اسیدهای آلی

بنابر نتایج جدول ۴، روشهای خشک کردن کشمش (سایه خشک، آفتابی، تیزابی) بر میزان اسید تارتاریک،



شکل ۲. غلظت پروتئین کل (A)، تارتاریک اسید (B)، مالیک اسید (C) و آسکوربیک اسید (D) کشمش انگور بیدانه سفید به دست آمده از روش‌های تیزابی، آفتاب خشک و سایه خشک. میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با هم ندارند.

Figure 2. (A) Total protein, (B) tartaric acid, (C) malic acid, (D) and ascorbic acid concentration of 'Sultana' grapevine raisin obtained under chemical, sun and shade-drying methods. Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$.

عناصرهای کشمش

اختلاف معنی‌داری بین مقادیر آهن و پتاسیم کشمش به دست آمده از روش‌های مختلف خشک کردن کشمش (سایه خشک، آفتابی، تیزابی) به ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد مشاهده شد. ولی بین میزان روی و منیزیم کشمش به دست آمده از این روش‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). بیشترین غلظت آهن مربوط به روش تیزابی و کمترین غلظت این عنصر مربوط به روش سایه خشک بود که اختلاف معنی‌داری با غلظت آهن کشمش در روش آفتابی نداشت. همچنین کشمش به دست آمده از روش تیزابی پتاسیم بیشتری در مقایسه با کشمش به دست آمده از دو روش آفتاب خشک و سایه خشک داشت (جدول ۷).

در این بررسی پایداری بیشتر اسید اسکوربیک ممکن است به دلیل دمای کمتر روش سایه خشک و همچنین آسیب کمتر پوست و در نتیجه اکسایش کمتر آن در مجاورت اکسیژن در مقایسه با کشمش به دست آمده از دو روش دیگر - که در شرایط آفتاب خشک و تیزابی تهیه شده‌اند - باشد. به خوبی مشخص شده، اسید اسکوربیک به طور جدی تحت تأثیر دمای بالا قرار می‌گیرد (Vikram *et al.*, 2005). مقادیر کمتر اسید اسکوربیک به ویژه در روش تیزابی با آبشویی بیشتر در حین غوطه‌وری و تجزیه آن در محیط قلیایی و ایجاد منافذ بیشتر در پوست حبه و اکسایش بیشتر در ارتباط است (Fennema, 1993) که تأییدی بر نتایج این بررسی است.

عنصرهای غذایی است (Serio *et al.*, 2014) که این یافته با نتایج دیگران مبنی بر غلظت بالاتر عنصرهای غذایی در تیمار قلیایی سرد به دلیل فعالیت کمتر آنزیم‌های اکسیدکننده ترکیب‌های درونی و یا سرعت بیشتر خشک شدن میوه همخوانی دارد (Carranza *et al.*, 2012; Doymaz & Pala, 2002).

جدول ۷. تأثیر روش‌های خشک کردن (تیزابی، آفتاب‌خشک و سایه‌خشک) بر غلظت عنصرهای کلسیم، منیزیم و پتاسیم

Table 7. Effects of drying methods (chemical, sun and shade-drying) on nutrient element concentrations of raisin of 'Sultana' grapevine*

Raisin production methods	Fe (µg/kg)	Zn (µg/kg)	K (%)	Mg (%)
Chemical solution	58.2 ^a	13.6 ^a	1.92 ^a	1.53 ^b
Sun drying	56.6 ^b	13.7 ^a	1.87 ^b	1.53 ^b
Shade drying	55.3 ^b	13.6 ^a	1.86 ^b	1.52 ^b

* میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با هم ندارند.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$.

نتیجه‌گیری کلی

بنابر نتایج مشخص شد، روش‌های مختلف خشک کردن تأثیر معنی‌داری بر زمان لازم برای تهیه کوشمش، سرعت خشک شدن و عملکرد کوشمش تولیدی دارند که این اختلاف در سرعت خشک شدن روی بسیاری از شاخص‌های بیوفیزیکی و بیوشیمیایی کوشمش تأثیر می‌گذارد. کوشمش تیزابی در مقایسه با کوشمش دو روش دیگر محتوای ترکیب‌های فنلی و فلاونوئید و ظرفیت پاداکسندگی بیشتری داشت که ممکن است با سرعت خشک شدن سریع‌تر و در نتیجه اکسایش کمتر ترکیب‌های فنلی و پاداکسندگی در مقایسه با دو روش دیگر مرتبط باشد. بیشترین مقدار قندهای محلول، تارتاریک اسید و مالیک اسید مربوط به روش تیزابی و کمترین مقدار این ترکیب‌ها مربوط به روش سایه‌خشک بود. در مقابل روش سایه‌خشک محتوای اسید آسکوربیک بیشتری در مقایسه با دو روش دیگر داشت که با توجه به پایداری این اسید در دمای حاکم بر روش سایه‌خشک در مقایسه با دمای بالاتر دو روش دیگر (به‌واسطه نور آفتاب) و نیز حساسیت این اسید به اکسایش به‌واسطه آسیدیدگی پوست حبه‌ها در دو روش اخیر قابل توجه است. در پایان با توجه به

میوه‌های خشک‌شده از جمله کوشمش منبع غنی از عنصرهای ضروری و ترکیب‌های زیستی فعال محرک سلامتی برای بدن هستند که چربی و سدیم کمی داشته و بدون چربی‌های ترانس و کلسترول بوده و منبع خوبی از عنصرهای تغذیه‌ای مانند آهن، منیزیم، فسفر و پتاسیم می‌باشند (Carughi, 2009).

جدول ۶. تجزیه واریانس تأثیر روش‌های خشک کردن (تیزابی، آفتاب‌خشک و سایه‌خشک) بر عنصرهای کلسیم

انگور بیدانه سفید

Table 6. Analysis of variance of drying methods effect (chemical, sun and shade-drying) on nutrient elements of raisin of 'Sultana' grapevine

Source of variation	df	Mean of squares			
		Fe	Zn	K	Mg
Treatment	2	7.5*	0.019 ^{ns}	9.3*	0.64 ^{ns}
Error	6	0.64	0.052	0.86	0.55
Coefficient of variation (%)		1.4	1.67	0.5	0.48

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.

در بررسی تأثیر دو روش خشک کردن با میکروویو و هوای گرم در حضور تیمار هیدروکسید سدیم بر کیفیت تغذیه‌ای کوشمش مشخص شد، غلظت عنصرهای غذایی منیزیم، کلسیم، فسفر و پتاسیم کوشمش در مقایسه با میوه افزایش یافت (Carranza *et al.*, 2012). در این میان عنصرهای پتاسیم و کلسیم به‌طور معنی‌داری در روش هوای گرم و هیدروکسید سدیم در مقایسه با میکروویو افزایش یافت که به دلیل آسیب رخ داده در دیواره (Miranda *et al.*, 2010) و نفوذ آن به درون حبه‌ها ممکن است دلیل افزایش غلظت این عنصرها باشد. در این بررسی مقادیر بیشتر پتاسیم در کوشمش تیزابی ممکن است به دلیل ماهیت تیمار محلول قلیایی سرد (کربنات پتاسیم) بوده که ضمن ایجاد ریز در پوسته حبه‌ها باعث جذب بخشی از پتاسیم به درون بافت کوشمش شده باشد. از سوی دیگر غلظت بالاتر آهن در کوشمش تیزابی می‌تواند با خشک شدن کوشمش در بازه زمانی کمتر و فرصت کم برای اکسایش آهن در روش تیزابی در مقایسه با دیگر روش‌ها مرتبط باشد. ظرفیت پاداکسندگی بالاتر کوشمش تیزابی در این بررسی تأییدی بر اکسایش کمتر ترکیب‌های درونی از جمله

تفاوت مشاهده شده در غلظت قندها، عنصرهای کانی، پاسخگوی سلیقه‌های مصرفی متنوع‌تری هم به لحاظ اسیدهای آلی و ترکیب‌های پاداکسندگی انواع مختلف غذایی و هم دارویی باشد که البته نیازمند تحقیقات کشمش مورد بررسی، این فرآورده‌ها می‌تواند تکمیلی دقیق‌تر و کاربردی‌تری در این زمینه است.

REFERENCES

1. Agulea, J. M., Opperman, K. & Sanchez, F. (1987). Kinetic of browning of Sultana grapes. *Journal of Food Science*, 52, 990-1005.
2. Almeida, I., Guiné, R. P. F., Gonçalves, F. & Correia A. C. (2013). Comparison of drying processes for the production of raisins from a seedless variety of grapes. *International Conference on Engineering UBI2013 - 27-29 Nov 2013 – University of Beira Interior – Covilhã, Portugal*.
3. Arzani, K., Sherafaty, A. H. & Koushesh-Saba M. (2009). Harvest date and post harvest alkaline treatment effects on quantity and quality of Kashmar, Iran, green raisin. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11, 449-456.
4. Aung, L. H., Ramming, D. W. & Tarailo, R. (2002). Changes in moisture, dry matter and soluble sugars of dry-on-the-vine raisins with special reference to sorbitol. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77, 1, 100-105
5. Benzie, I. F. & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.
6. Carranza, J., Benloch, M., Camacho, M. M. & Martínez-Navarrete, N. (2012). Effects of drying and pretreatment on the nutritional and functional quality of raisins. *Food and Bioproducts Processing*, 90, 243-248.
7. Carughi, A. (2009). Health benefits of sun-dried raisins, health research and studies center: Kingsburg, CA, USA.
8. Cetin, E. S., Altinoz, D., Tarcan, E. & Baydar, N. G. (2011). Chemical composition of grape canes. *Industrial Crops Andproduction*, 34, 994-998
9. Chang, C., Yang, M., Wen, H. & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10, 178-182.
10. Comis, D. B., Tamayo, D. M. & Alonso, J. M. (2001). Determination of monosaccharids in cider by reversed-phase Liqueid Chromatography. *Analytic Chemica Acta*, 436, 173-178.
11. Costa, E., Cosme, F., Jordão, A. M. & Mendes-Faia, A. (2014). Anthocyanin profile and antioxidant activity from 24 grapevarieties cultivated in two Portuguese wine regions. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 48, 51-62.
12. Dincer, L. (1996). Sun drying of sultana grapes, *Drying Technology: An International Journal*, 14, 1827-1838.
13. Doymaz, I. & Pala, M. (2002). The effects of dipping pretreatments on air-drying of the seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 52, 413-417.
14. Eissen, W., Muehlbauer, W. & Kutzbach, H. D. (1985). Solar drying of grape. *Drying Technology*, 3, 63-74.
15. Fennema, O. (1993). Química de los alimentos, Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, 102-108.
16. Food and Agriculture Organization. (2014). Statistical Yearbook. FAOSTAT, United Nations New York.
17. Franco, M., Peinado, R. A., Medina, M. & Moreno, J. (2004). Off-vine grape drying effect on volatile compounds and aromatic series in must from Pedro Ximénez grape variety. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 3905-3910.
18. Gabas, A. L., Menegalli, F. C. & Telis-Romero, J. (1999). Effect of chemical pretreatment on the physical properties of dehydrated grapes. *Drying Technology*, 17, 1215-1226.
19. Ghorbani, P., Sarikhani, H., Gholami, M. & Ahmadi, E. (2014). Effect of alkaline treatment on color, phenolic composition and antioxidant property of raisin. *Journal of Crop Production and Processing*, 4, 63-71. (in Farsi)
20. Hamada, A. M. & El-Enany, A. E. (1994). Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. *Biologia Plantarum*, 36, 75-81.
21. Isci, B. & Altindisli, A. (2015). Drying of *Vitis vinifera* L. cv "Sultanina" in tunnel solar drier. *Bio Web of Conferences*, 5, 01016
22. Lewis, W. J. & Simmons, L. D. (1978). A test for skin damage of dried grapes. *Food Technology in Australia*, 30, 391-2.
23. Lokhande S. M. & Sahoo A. K. (2016). Effect of drying on grape raisin quality parameters. *International Journal of Innovation Research in Science and Engineering*, 2, 86-95.

24. Maghsoudi, S. (2012). Food drying technology. *Iran agriculture science publishing Co.* 330 p. (in Farsi)
25. Mandal, G. & Thakur, A. K. (2015). Preparation of raisin from grapes varieties grown in Punjab with different processing treatments. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 1, 25-31.
26. Miranda, M., Vega-Gálvez, A., López, J., Parada, G., Sanders, M., Aranda, M., Uribe, E. & Di Scala, K. (2010). Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd). *Industrial Crops and Products*, 32, 258-263.
27. Nejatian, M. N. (2013). *A complete guide of grape production and processing*. Education and Extension of Agriculture Publishing Co. 319 p. (in Farsi)
28. Pahlavanzadeh, H., Basiri, A. & Zarrabi, M. (2001). Determination of parameters and pretreatment solution for grape drying. *Drying Technology*, 19, 217-226.
29. Pangavhane, D. R., Sawhney, R. L. & Sarsavadia, P. N. (1999). Effect of various dipping pretreatment on drying kinetics of Thompson seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 39, 211-216.
30. Parker, T. L., Wang, X. H., Pazmiño, J. & Engeseth, N. J. (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of grapes, sun-dried raisins, and golden raisins and their effect on ex vivo serum antioxidant capacity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55, 8472-8477.
31. Pellegrini, M., Serafini, S. & Salvatore, D. (2006). Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Molecular Nutrition and Food Research*, 50, 1030-1038.
32. Sanchez, C., Larrauri, J. A. & Saura-Calixto, F. A. (1998). Procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 270-276.
33. Sanz, M., Castillo, M. D., Corio, N. & Olana, A. (2001). Formation of Amadori compounds in dehydrated fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5228-5231.
34. Sério, S., Rivero-Pérez, M. D., Correia, A. C., Jordao, A. M. & González-San José, M. L. (2014). Analysis of commercial grape raisins: Phenolic content, antioxidant capacity and radical scavenger activity. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 29, 1-8.
35. Shin, K. S., Chakrabarty, D. & Paek, K. Y. (2002). Sprouting rate, change of carbohydrate contents and related enzymes during cold treatment of Lily bulblets regenerated in vitro. *Scientia Horticulturae*, 96, 195-204
36. Soysal, Y. M. (2004). Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering*, 89, 167-73.
37. Spiller, G. A. & Spiller, M. (2001). *Tartaric acid content of foods*. In dietary fiber in human nutrition, p. 681 [GA Spiller, editor]. Boca Raton, FL: CRC Press.
38. Telis, V. R. N., Lourencon, V. A., Gabas, A. L. & Telis-Romero, J. (2006). Drying rates of rubi grapes submitted to chemical pretreatments for raisin production. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 503-509.
39. Vazquez, G., Chenlo, F., Moreira, R. & Costoyas, A. (2000). Effects of various treatments on the drying kinetics of Muscatel grapes. *Drying Technology*, 18, 2131-2144.
40. Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L. & Oomah, B. D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 4113-4117.
41. Vermerris, W. & Nicholson, R. (2006). *Phenolic Compound Biochemistry*. Springer Pub., USA.
42. Vikram, V. B., Ramesh, M. N. & Prapulla, S. G. (2005). Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. *Journal of Food Engineering*, 69, 31-40.
43. Zarei, M., Baninasab, B., Ramin, A. A. & Pirmoradian, M. (2013). The effect of chemical thinning on seasonal changes of mineral nutrient concentrations in leaves and fruits of 'Soltani' apple tree. *Iran Agricultural Research*, 32, 89-100.