

تأثیر روش پوست‌گیری و خشک‌کردن بر خصوصیات بیوشیمیایی آلوئی خشکباری

ملیحه مرشدلو^۱، بهرام عابدی^{۲*} و غلامحسین داوری‌نژاد^۳

۱، ۲ و ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۳)

چکیده

با توجه به مصرف روز افزون خشکبار به عنوان میان وعده سالم غذایی، یافتن روشی برای حفظ خواص کیفی محصولات در حین فرآیند تولید آن بسیار مهم می‌باشد. آلو یکی از مهمترین خشکبار جهان می‌باشد که در ایران به صورت سنتی پوست‌گیری و خشک می‌گردد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. عامل اول روش پوست‌گیری در نه سطح (محلول آب‌نمک (۱۵، ۱۱، ۸ ساعت)، آب‌جوش (۴۵، ۳۰، ۱۰ ثانیه) و بخارآب (۹۰، ۷۰، ۶۰ ثانیه)) و عامل دوم نوع خشک‌کن در سه سطح (سنتی، کابینتی صنعتی و کابینتی غیر فعال خورشیدی) بود. نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان pH (۳/۳۶) از تیمار پوست‌گیری با آب‌جوش ۳۰ ثانیه و خشک‌کن کابینتی غیر فعال خورشیدی به دست آمد. کم‌ترین درصد قهوه‌ای شدن (۳۶/۰۷) متعلق به پوست‌گیری با آب‌نمک به مدت ۱۵ ساعت و خشک‌کن سنتی بود. بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۶۳/۹۳ درصد) مربوط به تیمار پوست‌گیری با آب‌نمک ۱۵ ساعت و در هر سه روش خشک‌کردن به دست آمد. بیش‌ترین میزان ترکیبات فنولی (۰/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار پوست‌گیری با آب‌نمک ۱۵ ساعت و خشک‌کن کابینتی بود. بیش‌ترین آنتوسیانین کل (۰/۴۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره) در روش پوست‌گیری با آب‌جوش ۴۵ ثانیه بود. پوست‌گیری با آب‌نمک به مدت ۱۵ ساعت و خشک‌کردن با خشک‌کن کابینتی صنعتی برای بهبود خصوصیات بیوشیمیایی آلو خشکبار قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: آب‌نمک، آنتوسیانین کل، آنتی‌اکسیدانی، فنول.

Effect of peeling and drying method on the biochemical properties of dried plums

Malihe Morshadloo¹, Bhran Abedi^{2*} and Gholam Hossein Davarynejad³

1, 2, 3. Former M.Sc. Student, Assistant Professor and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran

(Received: Dec. 08, 2018 - Accepted: July 25, 2019)

ABSTRACT

Given the increasing consumption of nuts as a healthy snack, it is very important to find a way to maintain the qualitative properties of the products during the nourishing process. Plum is one of the most important dry matter in the world, which is traditionally peeled and dried in Iran. The experiment was done as a factorial based on completely randomized design with four replications. The first factor was the method of peeling in nine levels (immersion in brine (15, 11, 8 hours), boiling water (45, 30, 10 seconds) and steam (90, 70, 60 seconds)), and the second factor was the type of drying in three levels (traditional, industrial cabinets and solar inactive cabinets). The results showed that the maximum amount of pH (3.36) was obtained from 30 seconds boiling treatment and solar inactivated cabin dryer. The lowest browning rate (36.07%) belonged to peeling with brine for 15 hours and traditional drying. The highest antioxidant capacity (63.93%) was obtained from peeling with brine for 15 hours and industrial cabinets. The highest content of phenolic compounds (0.12 mg/g dry weight) was obtained in the treatment of peeling with brine for 15 hours and industrial cabinets. The highest total anthocyanin (0.46 mg/100 ml extraction) was obtained in boiling water for 45 seconds. Peeling with brine for 15 hours and industrial cabinets recommended to improve the biochemical properties of dried plums.

Keywords: Anthocyanin, antioxidant, brine, phenol.

* Corresponding author E-mail: abedy@um.ac.ir

مقدمه

آلو از نظر رده بندی Prunus زیر جنس Prunophora و از خانواده Rosaceae می‌باشد (Etehadpoor *et al.*, 2012). آلو (*Prunus sp*) یکی از میوه‌های هسته‌دار مناطق معتدله است. گونه‌های متفاوتی از این میوه در دنیا وجود دارد که از نظر رنگ، شکل و اندازه تنوع زیادی دارند. برخی از آنها به رنگ زرد و پر آب بوده و برخی دیگر درصد آب کمتری داشته و قرمز متمایل به ارغوانی هستند. آلو منبع بسیار خوبی از کربوهیدرات‌ها، ویتامین A، فیبر، پتاسیم، آهن، منیزیم، کلسیم، ترکیبات فنلی و مقدار قابل توجهی ویتامین ث می‌باشد. این میوه به دلیل داشتن فصل برداشت کوتاه و فرازگرا بودن بیشتر ارقام آن که باعث افزایش میزان تنفس و تولید اتیلن طی دوره پس از برداشت به شکل خشک‌شده نگهداری و مصرف می‌شود (Kamel Rahimi *et al.*, 2011; Shokrallah *et al.*, 2016).

میزان رطوبت در میوه‌ها، نقش مهمی در زنجیره حمل و نقل و ذخیره‌سازی آنها ایفا می‌کند. رشد میکروبه‌ها، بد رنگی، طعم نامناسب و کاهش ارزش تغذیه‌ای از جمله آسیب‌هایی هستند که به دنبال نگهداری میوه‌های دارای رطوبت بالا اتفاق می‌افتد و محصول را برای مصرف انسان نامطلوب می‌سازد. بنابراین، کاهش رطوبت یا خشک، به طور گسترده برای افزایش ماندگاری، تسهیل حمل و نقل و حفظ کیفیت پس از برداشت محصولات کشاورزی و در تولید میوه‌ها و سبزی‌های خشک شده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Dadashzadeh & Zomorodian, 2012). قرار دادن محصولات در معرض انرژی تابشی خورشید به منظور خشک‌کردن و افزایش عمر انباری صورت می‌گیرد (Ghorbani *et al.*, 2015). از مهم‌ترین معایب خشک‌کردن سنتی سرعت پایین فرآیند و سطح آلودگی بالای میکروبی می‌باشد. همچنین، در عملیات خشک‌کردن صنعتی با استفاده از هوای داغ، اگرچه مدت زمان فرایند درمقایسه با روش‌های سنتی کوتاه‌تر می‌باشد، ولی مصرف انرژی بالا بوده و به دلیل اعمال حرارت‌های نسبتاً شدید، کیفیت فرآورده به‌ویژه خواص ارگانولپتیکی

وتغذیه‌ای کاهش پیدا می‌کند. علاوه بر این واکنش‌های قهوه‌ای شدن نیز در طی خشک‌کردن سنتی و صنعتی، کیفیت آلو را تحت تأثیر قرار می‌دهد، این فعل و انفعالات با ایجاد رنگ تیره، ظاهر نامطلوبی به فرآورده می‌بخشد و بازار پسندی آن را کاهش می‌دهد. برای مقابله با این مشکل و جلوگیری از واکنش‌های قهوه‌ای شدن اکثر تولیدکنندگان آلو خشک از مواد شیمیایی مانند دی‌اکسید گوگرد استفاده می‌نمایند (Azar Pajouh, 2014). از سوی دیگر با افزایش سطح آگاهی‌های عمومی درباره مضرات ترکیبات شیمیایی، در جوامع توسعه یافته به سمت مصرف فرآورده‌های غذایی طبیعی و عاری از مواد شیمیایی سوق یافته است (Azar Pajouh, 2014). پوست خارجی‌ترین قسمت میوه می‌باشد که دارای خواص فیزیولوژیکی شامل، محافظت در برابر از دست دادن آب، ممانعت از خروج مواد مغذی، کاهش آسیب‌های مکانیکی و حمله‌ی پاتوژن‌ها می‌باشد. پیش‌فرآیندهای مورد استفاده در فرآوری میوه‌ها و سبزیجات مانند پوست‌گیری از اهمیت زیادی برخوردار هستند. پوست‌گیری باعث کاهش ضایعات بافتی و حفظ ارزش غذایی می‌شود. زمانی پوست‌گیری صورت می‌گیرد که پوست خوراکی نباشد و یا می‌تواند خوراکی باشد ولی حضور آن بر محصول نهایی نامطلوب باشد. روش‌های پوست‌گیری بطور کلی شامل، مکانیکی، سایشی، شیمیایی، حرارتی و آنزیمی می‌باشد (Caceres *et al.*, 2012).

Azar Pajouh (2014) از خشک‌کردن اسمزی به عنوان یک پیش‌فرایند برای تولید آلو با رطوبت بالا استفاده کردند. برای این منظور، اثرات روش پوست‌گیری، پوست‌گیری (در محلول قلیایی ۱/۵ درصد به مدت ۱ دقیقه پوست‌گیری و غوطه‌وری در محلول آب نمک ۷۰ درصد به مدت ۱ ساعت) صورت گرفت که باعث کاهش میزان قهوه‌ای شدن در تیمارهای اسمزی شد. Ghorbani *et al.* (2013) تأثیر به‌کارگیری هم‌زمان پیش‌تیمارهای اولتراسوند و آبگیری اسمزی بر تغییرات دانسیته ظاهری آلو طی خشک‌شدن در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت هوای ۱/۴ متر بر ثانیه مورد بررسی قرار دادند. میزان

کابینتی صنعتی دارای دمای ۵۰ درجه سلسیوس و جریان هوا با سرعت ۲ متر بر ثانیه می‌باشد. سیستم گرمایشی این خشک‌کن گاز شهری می‌باشد، که نمونه‌های آلو درون محفظه آن قرار گرفتند. برای خشک‌کردن به صورت سنتی، نمونه‌ها در مقابل نور خورشید بر روی سبدهای پلاستیکی مشبک قرار داده شد. مدت زمان قرارگیری در مقابل نور خورشید تا زمانی بود که رطوبت نسبی آلوها به حد مطلوب رسید. نمونه‌های خشک‌شده برای انجام آزمایش‌های موردنظر به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد انتقال یافت.

اندازه‌گیری صفات کیفی آلو خشک شده

pH نمونه‌ها توسط دستگاه pH متر (۸۲۷ pH lab metrohm) و بریکس توسط دستگاه رفاکتومتر دستی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان قهوه‌ای شدن بر اساس روش Baloch *et al.* (1979) صورت گرفت. این روش بر مبنای استخراج رنگدانه های قهوه ای توسط ۵۰ میلی‌لیتر محلول آبی اسید استیک-فرمالدئید (به نسبت حجمی ۲ به ۱) و اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۴۲۰-۶۰۰ نانومتر استوار است. فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های آلو خشک شده از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH تعیین شد (Ebrahimi, 2013). میزان فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک تعیین و به صورت میلی‌گرم هم‌ارز اسید گالیک در ۱۰۰ گرم آلو خشک بیان گردید (Pantelidis *et al.*, 2006). جهت اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین از ۰/۰۵ گرم بافت میوه در ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول: اسید هیدروکلریک، ۹۹: ۱، حجمی-حجمی) درون هاون چینی ساییده شد و عدد جذب در طول موج ۵۵۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu, UV-110) قرائت شد (Liuqing *et al.*, 2012).

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. رسم شکل‌ها و برخی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 انجام گرفت.

بریکس و قند در تیمار ۳ درصد کلریدسدیم و ۵۸ درصد ساکارز بیشتر بود. (2011) Shahdadi *et al.* تأثیر فرایند خشک کردن بر میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی دو رقم خرماي کلوته و مضافتی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق شامل بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی به ترتیب مربوط به خرماي خشک شده در آفتاب و خرماي خشک شده در گرمخانه ۸۰ درجه سانتی‌گراد بود. آلو پرزیدنت به نظر می‌رسد به دلیل بیشتر بودن بافت گوشت میوه نسبت به هسته آن، آلو مناسبی جهت تولید خشکبار می‌باشد. این آزمایش با هدف انتخاب مناسب‌ترین روش پوست‌گیری و خشک‌کردن از نظر حفظ خواص کیفی آلو خشکباری انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر روش پوست‌گیری و خشک‌کردن میوه‌های آلو پرزیدنت (*Prunus domestica* var. President) در مرحله بلوغ تجاری (شاخص برداشت میوه‌ها مقدار مواد جامد محلول کل به طور متوسط $12/64 \pm 0/5$)، از باغی یکدست با درختان ۱۰ ساله در شهرستان نیشابور به طول جغرافیایی $36/10$ و عرض جغرافیایی $59/03$ در شهریور ماه سال ۱۳۹۵ در یک مرحله جمع‌آوری شد و به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انتقال یافت. این مطالعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۷ تیمار و ۴ تکرار انجام شد. فاکتور اول روش پوست‌گیری در نه سطح (محلول آب‌نمک (۱۵)، ۱۱، ۸ ساعت)، آب‌جوش (۴۵، ۳۰، ۱۰ ثانیه) و بخار آب (۹۰، ۷۰، ۶۰ ثانیه) بود. فاکتور دوم نوع خشک‌کن که شامل کابینتی خورشیدی غیر فعال، کابینتی صنعتی و سنتی بود. خشک‌کن کابینتی خورشیدی غیر فعال در ابعاد آزمایشگاهی استفاده شد. خشک‌کن کابینتی خورشیدی غیرفعال در ابعاد $100 \times 150 \times 50$ سانتی‌متر مکعب می‌باشد که با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق قرار می‌گیرد. دارای سه طبقه از توری‌های پلاستیکی مشبک می‌باشد که میوه‌های آلو روی آن برای خشک‌شدن قرار گرفتند. خشک‌کن

به روش سنتی در مقابل خورشید می‌باشد (شکل ۱). عامل اصلی در کاهش pH و افزایش قهوه‌ای شدن و اسیدیته در طول خشک‌شدن واکنش میلارد باشد و سایر واکنش‌ها نظیر کاراملیزه‌شدن و قهوه‌ای شدن آنزیمی نقش کمتری دارد (Afshari Jouibari *et al.*, 2012). Madhlopa *et al.* (2002) در طی فرآیند خشک‌کردن انبه در خشک‌کن خورشیدی به این نتیجه رسیدند که pH انبه در مدت خشک‌شدن از pH انبه تازه کمتر می‌شود. میزان pH با شروع فرایند خشک‌شدن نسبت به میوه تازه کاهش پیدا می‌کند. در برخی شرایط نظیر حرارت دادن یا نگهداری در طولانی مدت قندهای احیاکننده باعث تشکیل رنگ قهوه‌ای در ماده غذایی می‌شود. این رنگ قهوه‌ای با واکنش میلارد ایجاد می‌شود که در این واکنش به دلیل از بین رفتن گروه‌های آمینی و همچنین تولید اسیدهای آلی، pH ماده غذایی کاهش می‌یابد. خارج‌شدن آب از ماده غذایی باعث بالا رفتن ترکیبات نظیر اسیدهای آلی موجود و گروه‌های آزادکننده یون H^+ می‌شود (Afshari Jouibari *et al.*, 2012).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد روش پوست‌گیری و خشک‌کردن بر خصوصیات بیوشیمیایی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). تیمارهای خشک‌کردن بر میزان آنتوسیانین کل محصول اثر معنی‌داری نداشت، ولی بر سایر صفات بیوشیمیایی اثر معنی‌داری نشان داد. همچنین تیمارهای پوست‌گیری بر همه صفات بیوشیمیایی اثر معنی‌داری داشت. برهم کنش تیمارهای خشک‌کردن و پوست‌گیری، به جز آنتوسیانین کل و موادجامد محلول، بر سایر صفات بیوشیمیایی اثر معنی‌داری نشان داد.

pH

نتایج نشان داد که بیشترین میزان pH از تیمار پوست‌گیری با آبجوش ۳۰ ثانیه و خشک‌کن کابینتی غیر فعال خورشیدی به دست آمد که با آب جوش ۴۵ و ۱۰ ثانیه خشک‌کن کابینتی غیر فعال خورشیدی تفاوت معنی‌داری آماری نشان ندادند و کمترین میزان pH مربوط به تیمار بخار آب ۶۰ ثانیه و خشک‌کردن

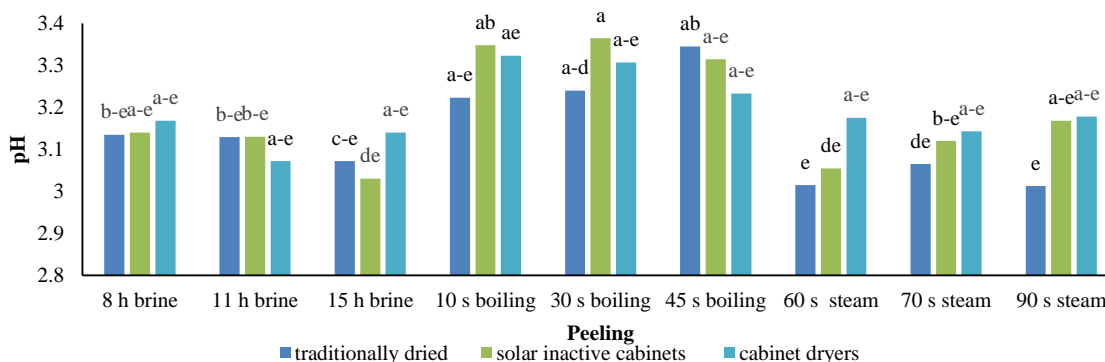
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر روش های خشک‌کردن و پوست‌گیری بر صفات بیوشیمیایی آلودی خشکباری

Table 1. Results of variance analysis of dry plum drying and peeling methods on biochemical traits of dried plum

Source of variation	df	Mean squares					
		pH	TSS	Browning	Total phenolics	Antioxidant activity	Anthocyanin
Drying	2	0.045**	138.043**	1026.93**	36.778**	92.421**	0.003 ^{ns}
Peeling	8	0.097**	15.151**	414.55**	49.000**	228.726**	0.054*
Drying × peeling	16	0.016**	6.106 ^{ns}	18.99**	3.778**	37.404**	0.016 ^{ns}
Error	74	0.006	4.916	0.41	0.667	2.879	0.015
C.V. (%)	-	4.80	10.35	14.90	11.79	7.4	12.87

*, **, ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly at 5 and 1% of probability levels and non-significant, respectively.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل روش های پوست‌گیری و خشک‌کردن بر pH آلودی خشک
Figure 1. Mean comparison interaction effect of peeling and drying methods on pH of dried plum

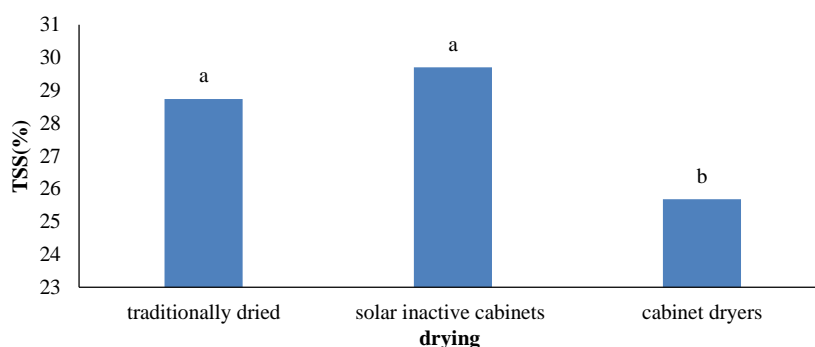
می‌گیرد، اما توسط آب شسته می‌شود و از عصاره‌ی میوه خشک خارج شده و سبب کاهش مواد جامد محلول می‌شود (Collins quarcoo & Wireko-manu, 2016).

قهوه‌ای شدن

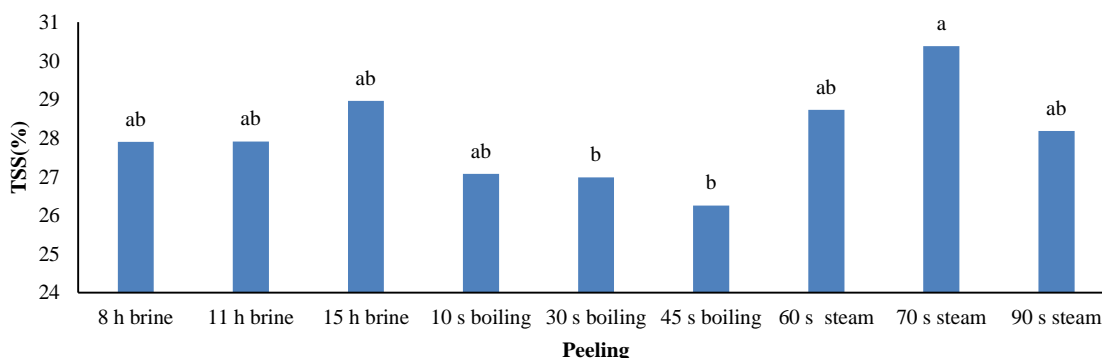
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که در صفت قهوه‌ای شدن تیمارهای پوست‌گیری، خشک‌کردن و اثر متقابل این دو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۵) نشان داد که بیشترین میزان قهوه‌ای شدن مربوط به روش پوست‌گیری با بخار آب ۹۰ ثانیه در خشک‌کن کابینتی صنعتی (۷۸/۶۳ درصد) است که این تفاوت با تمام تیمارهای دیگر معنی‌دار بود. کمترین میزان قهوه‌ای شدن مربوط به تیمار پوست‌گیری با آب نمک به مدت ۱۵ ساعت در خشک‌کن سنتی (۱۷/۰۷ درصد) است که با تیمار آب‌نمک ۸ و ۱۱ ساعت تفاوتی نشان نداد، ولی با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت.

مواد جامد محلول

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مواد جامد محلول نشان داد که بیشترین مقدار آن در روش خشک‌کردن با خشک‌کن کابینتی می‌باشد که دارای تفاوت معنی‌داری با خشک‌کن کابینتی صنعتی می‌باشد، ولی تفاوت معنی‌داری با روش سنتی نشان نداد (شکل ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارهای پوست‌گیری (شکل ۴) نیز نشان می‌دهد که بیشترین مواد جامد محلول در تیمار پوست‌گیری با بخار آب ۷۰ ثانیه می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای پوست‌گیری نشان داد. نتایج به‌دست‌آمده با مطالعات (2016) Amali *et al.* و (2016) Collins quarcoo مطابقت دارد. در پوست‌گیری با بخار آب غشا سلولی صدمه دیده که باعث می‌شود مواد قندی وارد فضای بین سلولی شده که افزایش میزان مواد جامد محلول در عصاره میوه‌ی خشک را در پی دارد. در روش پوست‌گیری با آب جوش خروج مواد قندی صورت



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر روش‌های خشک‌کردن بر مواد جامد محلول آلی خشک
Figure 2. Mean comparison effect of drying methods on soluble solids of dried plum



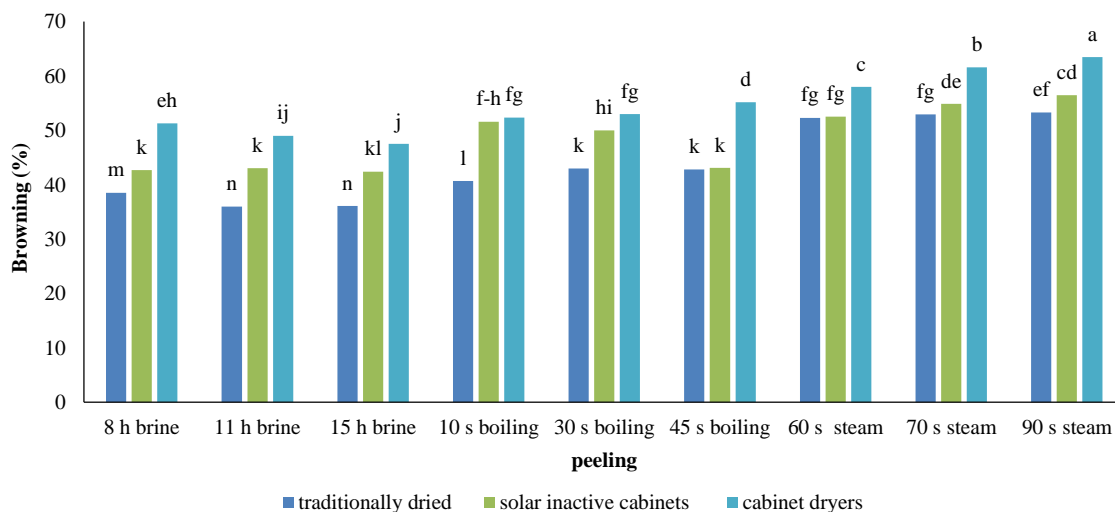
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر روش‌های پوست‌گیری بر مواد جامد محلول آلی خشک
Figure 3. Mean comparison effect peeling methods on soluble solids of dried plum

شدن) در نمونه‌های خشک‌شده می‌شود (Shmaii & Imam Jomeh, 2010). مطالعه Shahdadi *et al.* (2011) روی خرما نشان داد که دمای بالا باعث افزایش سرعت خشک شدن می‌شود، اما شدت قهوه‌ای شدن خرما را افزایش می‌دهد. بررسی بهینه‌سازی فرایند تولید برگه هلو با استفاده از اسمز توسط *et al.* Sovtikhiani (2003) نشان داد که نمونه‌های اسمز شده، میزان تغییر رنگ کمتری را در مقایسه با نمونه‌های شاهد نشان می‌دهند. خشک کردن به روش اسمز، نمونه‌ها در زیر محلول و به دور از اکسیژن قرار می‌گیرند و همین کمبود اکسیژن کندی پیشرفت واکنش‌های قهوه‌ای شدن را به دنبال دارد که باعث تغییر رنگ کمتر شده و جذابیت بیشتری برای مصرف کننده دارد. از طرفی به دلیل تغییر رنگ کمتر در نمونه‌های اسمز، نیازی به اضافه کردن ترکیبات گوگردی برای جلوگیری از پیشرفت واکنش‌های تغییر رنگ، نیست.

ترکیبات فنولی

نتایج نشان داد که در اثرات متقابل روش پوست‌گیری و خشک کردن بیشترین میزان مربوط به پوست‌گیری با آب نمک ۱۵ ساعت در خشک‌کن کابینتی صنعتی (۰/۱۲۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) می‌باشد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد.

رنگ نامطلوب در خشکبار به دلیل واکنش‌های قهوه‌ای شدن ایجاد می‌شود. عواملی نظیر رطوبت، دما، pH و ترکیبات ماده غذایی سبب تسریع واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی می‌شوند. بالاترین سرعت قهوه‌ای شدن معمولاً در محدوده محتوای رطوبت میانی اتفاق می‌افتد و با افزایش یا کاهش این رطوبت میزان قهوه‌ای شدن کاهش می‌یابد. در مطالعات محققان استفاده از پیش‌تیمار آب داغ، افزایش شاخص قهوه‌ای شدن را به دنبال داشت و همچنین افزایش دمای خشک‌کردن با افزایش شاخص قهوه‌ای شدن همراه بود (Ayoubi *et al.*, 2009). استفاده از تیمارهای اسمزی باعث کاهش قهوه‌ای شدن رنگ نمونه‌ها می‌شود و همچنین پوست‌گیری با نمک میزان قهوه‌ای شدن را نیز کاهش می‌دهد (Azar Pajouh & Sharaei, 2016; Raoult-Wack, 1994). کاهش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در طول دوره خشک‌شدن محصول به عدم بکارگیری دماهای بالا در زمانی که محصول در مرحله محتوای رطوبت بحرانی قرار دارد، بستگی دارد (Ghiafeh Davoudi *et al.*, 2009). پژوهش‌ها نشان داد که هرچه زمان قرارگیری محصول در برابر هوای داغ بیش‌تر باشد میزان قهوه‌ای شدن نیز بیش‌تر می‌شود. تیمار آنزیم‌بری با بخار آب، باعث باز جذب بیشتر آب در مقایسه با تیمارهای دیگر می‌گردد. اما منجر به تغییر رنگ (واکنش قهوه‌ای

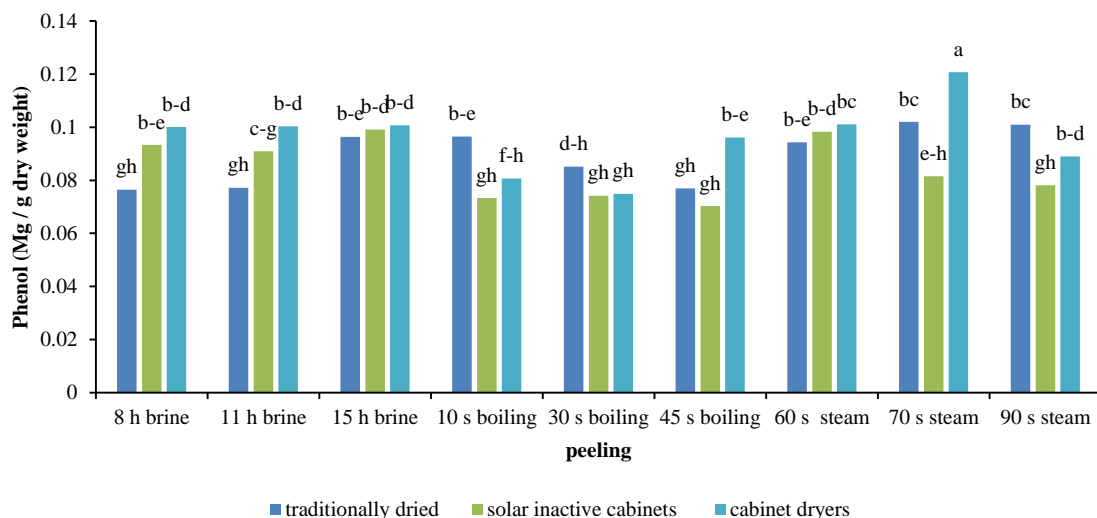


شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های پوست‌گیری و خشک‌کردن بر قهوه‌ای شدن آلودی خشک
Figure 4. Mean comparison interaction effect of peeling and drying methods on browning of dried plum

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمارهای پوست‌گیری، خشک‌کردن و اثر متقابل این دو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. تیمار پوست‌گیری با آب نمک ۱۱ ساعت در خشک‌کن صنعتی کابینتی به میزان (۶۳/۹۳ درصد)، بیشترین میزان آنتی‌اکسیدانی را داشته است و کمترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در تیمار آب جوش ۳۰ ثانیه در خشک‌کن صنعتی مشاهده گردید که با تمام تیمارهای اعمال شده این اختلاف معنی‌دار بود. با افزایش زمان حرارت‌دهی، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش پیدا می‌کند. میزان آنتی‌اکسیدانی به وجود ترکیبات فنولی هم بستگی دارد، هرچه میزان ترکیبات فنولی بیشتر باشد، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هم بیشتر است (Jalali Jivan *et al.*, 2013). نتایج (García-Parra *et al.*, 2014) روی آلو نشان داد که اثر تیمارهایی با فشار بالای حرارتی (HPT) نسبت به تیمار حرارتی متعادل (TT) در حفظ میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بهتر عمل کرده است. همچنین (Shahdadi *et al.*, 2011) روی میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در خشک‌کردن دو رقم خرمای کلوته و مضافتی نشان دادند که حرارت بالا میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را کاهش می‌دهد.

کمترین مقدار فنول در تیمار پوست‌گیری با آبجوش ۴۵ ثانیه خشک‌کن کابینتی غیر فعال خورشیدی دیده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار آبجوش ۳۰ ثانیه خشک‌کن کابینتی غیر فعال خورشیدی نشان نداد، ولی با سایر تیمارهای مورد مطالعه این تفاوت معنی‌دار بود (شکل ۶). یافته‌های این پژوهش با نتایج گزارش شده روی خرما (Jalali Jivan *et al.*, 2013) و کیوی (Khakbazah Heshmati & Seifi Moghadam, 2017) مطابقت داشت. حرارت باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز و فنولاز شده که در حضور اکسیژن ترکیبات فنولی را کاتالیز کرده و باعث افزایش قهوه‌ای شدن می‌گردد. به نظر می‌رسد نمک با جلوگیری از انجام واکنش میلارد، سبب حفظ ترکیبات فنولی می‌شود (Jalali Jivan *et al.*, 2013). اختلاف مقدار ترکیبات فنولی در دماهای مختلف خشک‌کردن، بیش‌تر به دلیل مدت زمان قرارگیری نمونه‌ها در معرض دما است. با افزایش توان میکروویو میزان تغییرات ترکیبات فنولی افزایش یافت. علت افزایش ترکیبات فنولی با افزایش دما در محدوده‌ی دمای ۵۰ درجه‌ی سلسیوس را می‌توان به نرم شدن بافت میوه، ضعیف شدن برهم‌کنش ترکیبات فنولی با پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها و نیز به دلیل غیر فعال شدن آنزیم تجزیه‌کننده ترکیبات فنولی مانند آنزیم پلی‌فنول اکسیداز دانست (Khakbazah Heshmati & Seifi Moghadam, 2017).



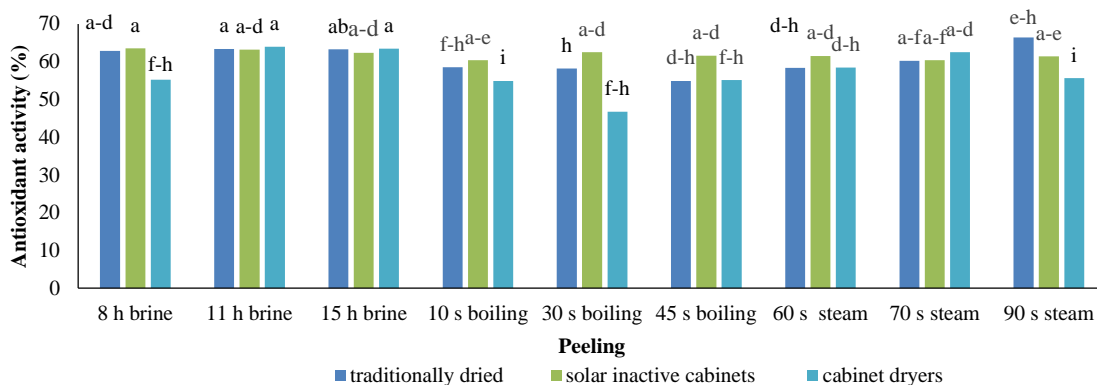
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های پوست‌گیری و خشک‌کردن بر فنول کل آلوی خشک
Figure 5. Mean comparison interaction effect of peeling and drying methods on total phenol of dried plum

از دست رفتن مواد مغذی همچون ترکیبات فنولی و آنتوسیانین کل‌ها به دلیل پدیدهٔ نفوذ به محلول اسمزی می‌شود. همچنین میزان دما تا ۴۰ درجه سلسیوس اثر تخریبی بر مواد پلی‌فنولی و آنتوسیانین کلی نداشته است و بعد از افزایش دما به ۶۰ درجه سلسیوس اثر تخریبی آن شروع می‌شود. در تحقیق حاضر نیز بعد از ۵۰ درجه سلسیوس میزان آنتوسیانین کل کاهش می‌یابد که علت اصلی آن تجزیهٔ حرارتی و اکسیداسیون این ترکیبات است. دلیل افزایش میزان آنتوسیانین کل در دماهای پایین تأثیر مثبت افزایش دما بر افزایش خروج آب از میوه و تغلیظ میزان آنتوسیانین کل در بافت میوه و از طرف دیگر عدم اثر تخریبی دمای زیر ۵۰ درجه سلسیوس بر ترکیبات آنتوسیانین کل است. با افزایش غلظت نمک میزان آنتوسیانین کل کاهش می‌یابد که این موضوع می‌تواند به دلایل ذکر شده در رابطه با ترکیبات فنولی اتفاق بیفتد. شرایط اسمزی، میزان آنتوسیانین کل‌ها را به دلیل حرکت به داخل محلول اسمزی کاهش یافت. افزایش دما ابتدا تا دمای ۵۰ درجهٔ سلسیوس سبب افزایش میزان آنتوسیانین کل و سپس باعث کاهش آنتوسیانین کل گیلان سیاه شده است. دلیل افزایش میزان آنتوسیانین کل در دماهای پایین تأثیر مثبت افزایش دما بر افزایش خروج آب از میوه و تغلیظ میزان آنتوسیانین کل در بافت میوه از طرفی و از طرف دیگر عدم اثر تخریبی دمای زیر ۵۰ درجهٔ سلسیوس بر ترکیبات آنتوسیانین کل است (Yousefi *et al.*, 2014).

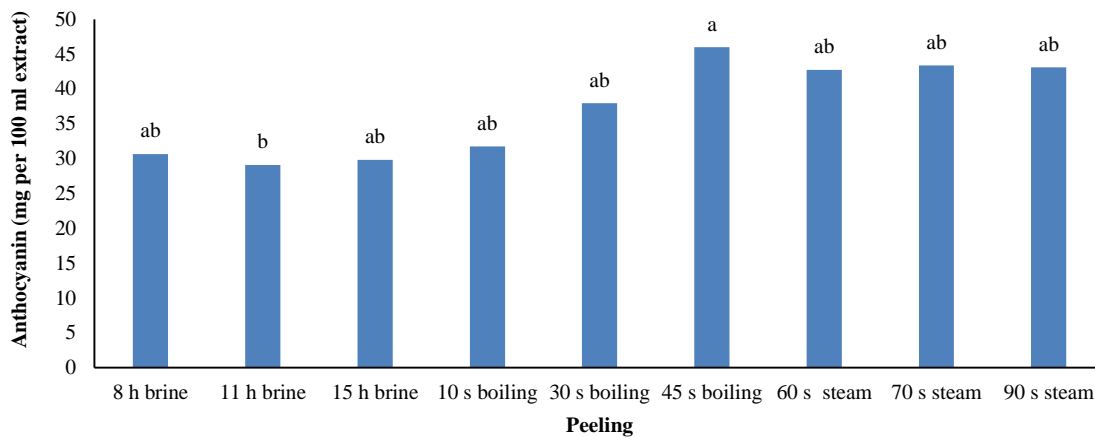
خرمای خشک‌شده در آفتاب و گرمخانه ۵۰ درجه سلسیوس تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان ترکیبات فنولی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با یکدیگر نداشتند، زیرا خشک‌شدن در آفتاب در دمای متوسط (دمای ۲۰ تا ۵۰ درجه سلسیوس) انجام شد. کمترین میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دمای ۸۰ درجه سلسیوس می‌باشد که این نشان می‌دهد با افزایش دما تا ۵۰ درجه سلسیوس کاهش در میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ندارد.

آنتوسیانین کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که در صفت آنتوسیانین کل تیمار پوست‌گیری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. تغییرات مقدار آنتوسیانین کل در تیمارهای مختلف پوست‌گیری در شکل ۸ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که پوست‌گیری با غوطه‌وری در آب جوش به مدت ۴۵ ثانیه بیشترین میزان آنتوسیانین کل (۰/۴۵۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره) را داشته که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان می‌دهد و کمترین میزان آنتوسیانین کل مربوط به غوطه‌وری در آب نمک به مدت ۱۱ ساعت (۰/۲۹ میلی‌لیتر عصاره) می‌باشد. (Kucner *et al.* 2013) به این نتیجه رسیدند که در آبرگیری اسمزی حرکت ترکیبات پلی‌فنولی و آنتوسیانین کلی به داخل محلول اسمزی اتفاق می‌افتد که این حرکت با افزایش دما یا انجام پیش‌فرایند آنزیمی شدت می‌یابد. فرایند اسمزی در زمان‌های طولانی باعث



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های پوست‌گیری و خشک‌کردن بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آلودگی خشک
Figure 6. Mean comparison interaction effect of peeling and drying methods on the antioxidant capacity of the dried plum



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر روش های پوست گیری بر آنتوسیانین کل آلوی خشک
Figure 7. Mean comparison effect of peeling methods on total anthocyanins of dried plum

نتیجه گیری کلی

نمک ۱۵ ساعت و خشک کردن با خشک کن صنعتی کابینتی می باشد. کمترین میزان قهوه ای شدن مربوط به پوست گیری با آب نمک ۱۵ ساعت و روش خشک کردن سنتی می باشد. کمترین میزان pH در روش پوست گیری بخار آب ۹۰ ثانیه و خشک کردن به روش سنتی می باشد. بیشترین میزان مواد جامد محلول در بین روش های پوست گیری، پوست گیری با بخار آب ۷۰ ثانیه است. با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می شود از روش پوست گیری با آب نمک و خشک کن کابینتی صنعتی استفاده کرد.

این تحقیق به منظور بررسی چندین تیمار پوست گیری و خشک کردن بر حفظ خصوصیات کیفی آلوی خشکباری انجام شد. روش پوست گیری با غوطه وری در آب جوش به مدت ۴۵ ثانیه بیشترین میزان آنتوسیانین کل و کمترین میزان آنتوسیانین کل مربوط به غوطه وری در آب نمک به مدت ۱۱ ساعت می باشد. بیشترین میزان ترکیبات فنول مربوط به پوست گیری با آب نمک ۱۵ ساعت در خشک کردن سنتی به دست آمد. بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی مربوط به پوست گیری با آب

REFERENCES

1. Afshari Jouibari, H., Farahnaki, A., Mahdavobi, M. & Mesbahi, GH. R. (2012). Investigate the process of changing the color of Mazafati's date during drying in order to select the optimum temperature for drying air. *Science and Food Industry of Iran*, 3, 1-10. (in Farsi)
2. Afshari Jouibari, H., Farahnaki, A., Mahdavobi, M. & Mesbahi, GH. R. (2009). Effect of temperature and speed of air flow on drying of Mazafati dates by cabin dryers. *Researches on Food Science and Technology of Iran*, 4, 393-405. (in Farsi)
3. Ameli, M., Ghayafeh Davoodi, M., Ahmadzadeh Ghavidel, R. & Bakhsh Abadi, H. (2016). Effect of combined process of osmotic drying by cabin drying and freezing on some of the chemical and texture properties of strawberry fruits. *Innovation in Food Science and Technology*, 4, 101-109. (in Farsi)
4. Ayoubi, M., Sedaghat, N., Kashani Nejad, M. & Mohebbi, M. (2009). The effect of drying conditions in cabinet dryers on grapes drying severity and quality characteristics of raisins. *Researches in Iran Science and Technology*, 2, 226-238. (in Farsi)
5. Azar Pajouh, E. & Sharaei, P. (2016). The effect of early desalination and osmotic absorption process on qualitative and sensory properties of drought plum. *Innovation in Food Science and Technology*, 4, 79-92. (in Farsi)
6. Azar Pajouh, E. (2014). Osmotic drying in high-humidity plums production. *The First National Meeting of Meals*, 1, 7. (in Farsi)
7. Caceres, L. G., Andrade, J. S. & Silva Filho, D. F. (2012). Effects of peeling methods on the quality of cubiu fruits. *Food Science and Technology*, 32(2), 255-260.
8. Collins, P. & Wireko, F. (2016). The effect of steam and hot water blanching on som quality attributes of cocoyam leaf. *Food Processing and Technology*, 2, 164-168.

9. Dadashzadeh, M. & Zomorodian, A. (2012) Determination of the process of apricot drying in a cabin box active solar dryer. *Seventh National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Shiraz*, 5, 7. (in Farsi)
10. Ebrahimi, H., Sanei Shariat, M., Panahi, S. & Zia-ul-Haq, M. (2013). Effect of fruit cultivar and preparation treatment on quality properties of apricot plate. *Researches on Food Science and Technology*, 9(3), 260-269. (in Farsi)
11. Etehadpoor, M., Moghadam, M. R. & Zamani, Z. (2012). Genetic Diversity of Wild and Commercial Genotypes of Plum Using SSR Molecular Marker. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 2(43), 199-210. (in Farsi)
12. Ghiafeh Davoudi, M., Nikkhhah, Sh. & Seyyed Yaghoobi, A. (2009). Effect of the use of physical and chemical precursors on the qualitative and sensory properties of dried white berries. *Food Science and Technology*, 6(22), 55-60. (in Farsi)
13. Ghorbani, M., Petition, A. R. & Esmaili, M. (2015). The effect of osmotic drying with microwave on quality factors of black figs with sucrose and sodium chloride. *Third International Conference on Agriculture and Sustainable Natural Resources*, 2, 8. (in Farsi)
14. Ghorbani, R., Dehghannia, J., Seyedlo Harris, S. & Ghanbarzadeh, B. (2013). Modeling the apparent density during pre-treated ultrasound and osmotic dehydration plum drying. *New Food Technologies*, 23-38. (in Farsi)
15. Ghorbani, R., Dehghannia, J., Seyedlo Harris, S. & Ghanbarzadeh, B. (2013). Exponential density modeling during pre-treated ultrasound and osmotic dehydration plum drying. *New Food Technologies*, 2, 23-38. (in Farsi)
16. Guine, R. D. P. F. (2006). Influence of drying method on density and porosity of pears. *Food and Bioproducts Processing*, 84, 179-185.
17. Jalali Jivan, M., Sadeghi, S., Madadloo, A. & Saeed Yaramand, M. (2013). The effect of heating and acidifying on total phenol content and antioxidant activity of date palm extract. *Research of Food Industry*, 2(23), 237-248. (in Farsi)
18. Kamel Rahimi, S., Tavakolipor, H. & Niazmand, A. (2011). Measurement of some physical properties of dried plums. *20th National Congress of Science and Technology*, 20, 7. (in Farsi)
19. Khakbazah Heshmati, M. & Seifi Moghadam, A. (2017). An investigation of microwave-air alternating technique on qualitative and nutritional properties of dry kiwi sheets. *Food Industry Research*, 1(27), 111-126. (in Farsi)
20. Kucner, A., Klewicki, R. & Sójka, M. (2013). The influence of selected osmotic dehydration and pretreatment parameters on dry matter and polyphenol content in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum L.*) Fruits. *Food and Bioprocess Technology*, 6(8), 2031-2047.
21. Madhlopa, A., Jones, S. & Kalenga, D. (2002). A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration. *Renewable Energy*, 10(34), 1000-1008.
22. Pantelidis, G., Vasilakakis, M., Manganaris, G. & Diamantidis, GR. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, 102, 777-783.
23. Parra, F., González, R. & Cava, R. (2014). Effect of a different high pressure thermal processing compared to a traditional traditional thermal treatment on a red flesh and peel plum purée. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 26-33.
24. Raoult-Wack, A.L. (1994). Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 6(8), 2031-2047.
25. Shahdadi, F., Mirzaie, H., Maghsoudlou, Y., Ghorbani, M. & Daraei Garm Khani, A. (2011). Effect of drying process on phenolic compounds and antioxidant activity of two dates of Kaloteh and Mozafati dates. *Iranian Journal of Nutrition and Food Technology*, 3(6), 67-74. (in Farsi)
26. Shaimaii, S. & Imam jomeh, Z. (2010). Pre-treatment and different methods of drying on the drying process, texture, color, amount and speed of water absorption of water-repellent fungi (*Agaricus bisporus*). *Researches on Food Science and Technology of Iran*, 3(6), 193-200. (in Farsi)
27. Shokrallah Fam, S., Hajiloo, J. & Zare Nahandi, F. (2016). Effect of polyamines on storage life of plum fruit cv. 'Shablon'. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 4(46), 649-658. (in Farsi)
28. Sovti hkiabani, M., Sohri, M. & Imam Jomeh, Z. (2003). Optimization of Optimum Peach Sheet Production Using Osmosis. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 2(24), 291-283. (in Farsi)
29. Yang, L., Gou, Y., Zhao, T. & Zhao, J. (2012). Antioxidant capacity of extracts from calyx fruits of roselle. *African Journal of Biotechnology*, 11(17), 4063-4068.
30. Yousefi, Q., Imam jomeh, Z., Worms, Z. & Pour Mohammadi, K. (2014). Modeling and optimization of the effect of premolar osmosis-ultrasound and supplementary drying of hot air on black cherry. *Engineering Biotechnology in Iran*, 2(45), 141-151. (in Farsi)