Archive of SID

مقاله پژوهشی

تأثیر دمای خشک کردن و میزان بلوغ در برداشت برخصوصیات بیوشیمیایی و کیفیت میوه عناب

فرید مرادی‌نژاد[۱]*، علی کاظمی[۲]، مهدی خیاط[۳] و همایون فرهنگ‌فر[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۲۶- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۳۱)

چکیده

عناب از لحاظ تغذیه‌ای و دارویی یکی از میوه‌های ارزشمند است. با این وجود ماندگاری آن در شرایط دمای محیط کوتاه است. علی‌رغم اینکه خشک کردن میوه یک روش معمول برای نگهداری درازمدت آن می‌باشد، انتخاب مرحله مناسب بلوغ در هنگام برداشت و شرایط خشک کردن میوه به‌منظور دارا بودن حداکثر ارزش غذایی و حفظ خواص آنتی‌اکسیدانی در طی فرآیند پس از برداشت و فرآوری بسیار حائز اهمیت است. از این رو، اثر دمای خشک‌کردن (۴۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد) و مرحله بلوغ خوراکی (بالغ ترد و رسیده کامل) بر ویژگی‌های کیفی، حسی و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه عناب ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مقادیر بیشتری از فنل کل، اسید آسکوربیک و شاخص‌های رنگ پوست میوه شامل روشنایی، قرمزی و کروما در مرحله بالغ ترد در میوه موجود بود. افزایش در اسید آسکوربیک، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و مقادیر روشنایی، قرمزی و کروما در میوه‌های خشک شده در دمای کمتر (۴۵ درجه سانتی‌گراد) به‌دست آمد، درحالی‌که افزایش در شاخص هیو در میوه‌های خشک شده در دمای بیشتر (۶۰ درجه سانتی‌گراد) حاصل شد. به‌طورکلی، از نظر خصوصیات حسی و خواص آنتی‌اکسیدانی، میوه‌های برداشت شده در مرحله رسیده کامل که در دمای کمتر (۴۵ درجه سانتی‌گراد) خشک شده بودند، مطلوب‌تر ارزیابی شدند.

کلمات کلیدی: اسید آسکوربیک، خشک‌کن، عناب چینی، فنل کل

۱ - دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند.
۲- دانش آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند.
۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند.
۴- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند.
* پست الکترونیک: fmoradinezhad@birjand.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

عناب چینی (*Ziziphus jujuba* Mill) متعلق به تیره Rhamnaceae است که در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری آسیا، آمریکا و اروپا پرورش می‌یابد (وانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به شرایط اقلیمی گرم و خشک در استان خراسان جنوبی، این استان یکی از مناطق عمده تولید عناب در کشور محسوب می‌شود و باغداران بسیاری از این طریق امرار معاش می‌کنند. میوه عناب حاوی مقادیر فراوانی از قند، اسیدهای آلی، پروتئین و ترکیبات فعال زیستی مانند ویتامین‌ث و ترکیبات فنولیکی است و از این‌رو نه تنها از آن به‌منظور تازه‌خوری و هم‌چنین به‌صورت فرآوری شده در تهیه مربا، کمپوت، نوشیدنی و دمنوش استفاده می‌شود بلکه به‌دلیل دارا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا در درمان بیماری‌های مختلفی نظیر سرماخوردگی و سرطان کاربرد دارد (لی[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

میوه عناب حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد مغذی می باشد و از اواسط مرداد تا اواخر تابستان برداشت می‌شود (مرادی‌نژاد[3] و همکاران، ۲۰۱۶). با وجود این ماندگاری آن در شرایط محیطی کنترل نشده کمتر از ۱۰ روز است و از این‌رو تعیین زمان مناسب برداشت به منظور وجود حداکثر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و هم‌چنین افزایش کیفیت و ماندگاری میوه به‌صورت تازه و فرآوری شده بسیار مهم است (لو[4] و همکاران، ۲۰۱۲). بررسی منابع پیشین، تغییرات معنی‌داری در برخی پارامترهای شیمیایی و کیفی میوه عناب در طی مراحل مختلف رشد و نمو، رسیدگی و برداشت را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال با تأخیر در زمان برداشت مقادیر مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه عناب افزایش و در مراحل نهایی رسیدگی میوه میزان اسیدیته قابل تیتراسیون به سرعت کاهش می باید (عباس و فاندی[5]، ۲۰۰۲؛ وانگ[6] و همکاران، ۲۰۰۹). هم‌چنین گزارش شده است که در عناب بیشترین میزان ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مرحله نارس و بالغ سفید مشاهده شد (وو[7] و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج آزمایش آزمایش اخیر ما در خصوص بررسی تغییرات فیزیکوشیمیایی میوه تازه عناب در طی مراحل مختلف رسیدگی آشکار کرد که با افزایش در رسیدگی میوه میزان ماده آلی، قند کل و نسبت قند به اسید افزایش یافت (مرادی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۶). هم‌چنین ترکیبات فنولیکی بیشتر در مرحله رسیدگی بالغ ترد و بیشترین میزان اسید آسکوربیک در مرحله رسیده کامل وجود داشت. با وجود این اطلاعات کافی در خصوص تغییرات ویژگی‌های فیتوشیمیایی و حسی میوه عناب خشک شده در منطقه خراسان جنوبی وجود ندارد.

تا به امروز کاهش محتوای رطوبتی محصول یا خشک کردن، معمول‌ترین و متداول‌ترین روش کاربردی است که موجب کاهش فعالیت آنزیمی و میکروبی و در نتیجه افزایش ماندگاری محصول می‌شود (اوزتکین[8] و همکاران، ۲۰۰۷). خشک‌کن‌های دارای جریان هوای داغ به دلیل شرایط مناسب بهداشتی، یکنواختی و سریع بودن، در صنایع غذایی استفاده رایج دارند (دویماز[9]، ۲۰۱۰). در مطالعه‌ای بر روی پودر میوه عناب که با سه روش مختلف خشک شده بود، نتایج نشان داد که محتوای پلی‌فنل در پودر عناب خشک شده با روش هوا خشک بیشترین مقدار بود (کیم[10] و همکاران، ۲۰۱۲). دمای خشک کردن نیز بر مدت زمان فرآیند خشک شدن، کیفیت و مواد موثره تولیدات گیاهی تأثیر قابل توجهی می‌گذارد. در بلوبری، زمان خشک کردن در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای ۱۰۷ درجه در همه روش‌های مورد مطالعه تقریباً ۵۰ درصد طولانی‌تر بود (یمیریدی[11] و همکاران، ۲۰۱۳). هم‌چنین در زغال‌اخته بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در خشک کردن با دماهای بالاتر (۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به دماهای پایین‌تر (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد) وجود داشت (لوپز[12] و همکاران، ۲۰۱۰). در میوه عناب با افزایش دمای خشک‌کن میزان مواد جامد محلول میوه تغییر معنی‌داری نداشت اگرچه افزایش در میزان ویتامین‌ث و قهوه‌ای شدن گوشت میوه حاصل شد (فانگ[13] و همکاران، ۲۰۰۹). با این حال در آزمایش دیگر دمای خشک کردن بالاتر موجب کاهش

1. Wang
2. Li
3. Moradinezhad
4. Lu
5. Abbas and Fandi
6. Wang
7. Wu
8. Öztekin
9. Doymaz
10. Kim
11. Yemmireddy
12. Lopez
13. Fang

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر ویتامین ث و فلاونوئیدها شد و هم‌چنین تغییرات معنی‌دار در مولفه‌های رنگ میوه عناب نشان داده شد (چن[1] و همکاران، ۲۰۱۵).

علی‌رغم وجود برخی گزارشات اشاره شده در خصوص خشک کردن میوه عناب (بی[2] و همکاران، ۲۰۱۴؛ چن و همکاران، ۲۰۱۵؛ فانگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ کیم و همکاران، ۲۰۱۲؛ ووجدیلو[3] و همکاران، ۲۰۱۶)، بررسی منابع نشان می‌دهد که اطلاعاتی در خصوص تأثیر مرحله بلوغ و میزان رسیدگی میوه درهنگام برداشت به‌عنوان یک عامل مهم در فرآیند خشک کردن، کیفیت تغذیه‌ای و خواص فیتوشیمیایی عناب وجود ندارد، از این رو آزمایش حاضر تأثیر مراحل مختلف بلوغ خوراکی و دمای خشک کردن و هم‌چنین اثرات متقابل بین این عوامل را بر خواص کیفی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه عناب ارزیابی می‌کند.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمارهای آزمایش

این تحقیق در تابستان سال ۱۳۹۴ در شهرستان بیرجند، از توابع خراسان جنوبی اجرا شد. برداشت میوه تازه عناب در دو مرحله با فاصله زمانی ۱۰ روز و براساس تغییر رنگ میوه انجام شد (اولین تاریخ برداشت ۱۳۹۴/۵/۱۲): مرحله اول بالغ ترد (سفید- قرمز) و مرحله دوم رسیده کامل (قرمز کامل) بود. میوه‌ها بلافاصله پس از برداشت به آزمایشگاه باغبانی واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند منتقل و پس از جداسازی میوه‌های سالم، میوه های یکسان از نظر رنگ و اندازه انتخاب شدند و سپس خشک کردن میوه در دو دمای ۴۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده ازخشک‌کن الکتریکی (Suzuki Food Dehydrator, ZFD-1200, China) انجام شد. سرعت جریان هوای داخل خشک‌کن الکتریکی ۰/۹ متر بر ثانیه بود که با دستگاه سرعت‌سنج هوا (- Thies Clima Germany) اندازه‌گیری شد.

ارزیابی صفات بیوشیمیایی

آماده‌سازی عصاره متانولی عناب

ابتدا یک گرم از پودر میوه با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول متانول ۷۰ درصد مخلوط شده و به‌مدت دو ساعت در دمای اتاق با استفاده از شیکر، هم زده شد. این مخلوط سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور، سانتریفیوژ شده و پس از آن قسمت رویی مخلوط جدا شد و برای تعیین میزان کل ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی استفاده شد.

اندازه‌گیری فعالیت مهار کنندگی رادیکال‌های آزاد

به‌منظور اندازه‌گیری درصد فعالیت مهار کنندگی رادیکال آزاد، ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول DPPH (۰/۱ میلی‌مولار) با ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره از پیش تهیه شده، مخلوط شد. جذب پس از گذشت ۶۰ دقیقه از نگهداری نمونه‌ها در شرایط تاریکی و در دمای اتاق، در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (SHIMADZU-BIOSPEC 1601-JAPAN)، قرائت شد. درصد فعالیت بازدارندگی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (تورکمن[4]، (تورکمن[4]، ۲۰۰۶).

$$\text{درصد بازدارندگی} = \left(\frac{A_0 - A_1}{A_0}\right) \times 100 \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

A_0 جذب محلول شاهد و A_1 جذب عصاره است.

اندازه‌گیری میزان فنل کل

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی با استفاده از روش ماکار[5] و همکاران (۱۹۹۳) با تغییرات جزئی انجام شد. برای هر یک از نمونه‌ها ۴۵۰ میکرولیتر آب مقطر با ۵۰ میکرولیتر عصاره از پیش تهیه شده، درون لوله آزمایش مخلوط شد. سپس به هر یک از لوله‌ها، ۲۵۰ میکرولیتر معرف فولین (یک نرمال) و ۱/۲۵ میلی‌لیتر کربنات‌سدیم (۲۰ درصد) اضافه شد. سپس محتوی لوله‌ورتکس شده و به‌مدت ۴۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شد و پس از آن جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر (SHIMADZU-BIOSPEC 1601-JAPAN) در طول‌موج ۷۲۵ نانومتر، قرائت گردید. مقدار فنل کل، به‌صورت معادل اسید گالیک از منحنی کالیبراسیون محاسبه شده و به‌صورت میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن خشک بیان شد.

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک با روش تیتراسیون ۲و۶ دی کلرایندوفنل انجام شد و مقدار اسید آسکوربیک به‌صورت

1. Chen
2. Bi
3. Wojdylo
4. Turkmen
5. Makkar

www.SID.ir

Archive of SID

میلی‌گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰گرم پودر خشک بیان شد (فانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

پارامترهای رنگ و ارزیابی حسی

اندیس‌های رنگ پوست میوه شامل فاکتور L* (روشنایی رنگ)، فاکتورa* (حد فاصل قرمزی تا سبزی)، فاکتورb* (حد فاصل آبی تا زرد)، کروما (C^*) و هیو($h°$) با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (TES 135A – Taiwan) اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین شاخص قهوه‌ای شدن (Browning Index)، برای رنگ گوشت میوه با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ تعیین شد (پاسر[1] و همکاران، ۲۰۱۳).

$$x = \frac{a^* + 1.75l^*}{5.645l^* + a^* - 3.012b^*}$$ (رابطه ۲)

$$BI = \frac{100(x - 0.31)}{0.17}$$ (رابطه ۳)

برای ارزیابی حسی از ۸ نفر آموزش دیده (۵ نفر زن و ۳ نفر مرد) به روش پانل استفاده شد. معیار ارزشیابی طعم میوه عناب بود. برای معیار ذکر شده ۵ سطح در نظر گرفته شد که نمره ۵ برای بسیار خوب و نمره ۴ برای سطح خوب و نمره ۳ برای متوسط و نمره ۲ برای سطح بد و نمره ۱ برای سطح بسیار بد منظور شد (امامی‌فر[2]، ۲۰۱۴). تعیین پارامترهای رنگ پس از انجام مراحل خشک کردن میوه در هر زمان برداشت انجام شد، درحالی که ارزیابی حسی چشایی بعد از گذشت سه هفته نگهداری میوه خشک شده در دمای اتاق انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل: ۱. زمان بلوغ و رسیدگی میوه عناب (بالغ ترد و رسیده کامل)، ۲. دمای خشک‌کردن (۴۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد) و در ۴ تکرار اجرا گردید. داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۸) به کمک یک مدل خطی عمومی تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش توکی‌کرامر در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جداول ۱ و ۴)، نشان داد که اثر زمان برداشت بر صفات اسید آسکوربیک، فنل کل، طعم، پارامترهای رنگ پوست (به جز هیو) و قهوه‌ای شدن گوشت میوه عناب در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود. اثر دمای خشک‌کن بر صفات اسید آسکوربیک، فنل کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، طعم و پارامترهای رنگ پوست در سطح احتمال ۰/۰۱، و فقط در صفات هیو و قهوه‌ای شدن گوشت میوه عناب در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بود. اثر متقابل زمان برداشت × دمای خشک‌کن در مورد صفات اسید آسکوربیک، فنل کل و قهوه‌ای شدن گوشت میوه در سطح ۰/۰۱ و در هیوی رنگ پوست میوه در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بود.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش دمای خشک‌کردن میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین مقدار (۶۰/۳۹ درصد) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و مقدار کمتر (۲۸/۳۸ درصد) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۲). در مطالعات اخیر نتایج مشابهی در خشک کردن میوه عناب در ارقام مختلف گزارش شده است. به‌طوری‌که با افزایش دمای خشک کردن از ۵۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. در فرآیند خشک کردن میوه در دمای بالا و در مدت زمان طولانی ممکن است برخی از ترکیبات فنولیکی تخریب شده و در نتیجه فعالیت آنتی‌اکسیدانی کاهش یابد، احتمالاً به این دلیل که پلی‌فنل‌ها نقش عمده‌ای در فعالیت آنتی‌اکسیدانی عناب خشک دارند (ووجدیلو و همکاران، ۲۰۱۶). این نتایج با یافته‌های قبلی در خشک کردن فلفل قرمز (وگا گالوز[3] و همکاران، ۲۰۰۹) و زغال اخته (لوپز و همکاران، ۲۰۱۰) مغایر است. در فلفل قرمز مقایسه دماهای مختلف خشک کردن (۵۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد) نشان داد که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دمای بالا (۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد) بیشتر از دمای پایین (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد) بود (وگا گالوز و همکاران، ۲۰۰۹). هم‌چنین در خشک کردن زغال اخته به‌وسیله جریان هوای داغ در دماهای مختلف (۵۰ تا۹۰

1. Pathare
2. Emamifar
3. Vega-Gálvez

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر زمان برداشت و دمای خشک‌کردن و اثر متقابل آنها بر ویژگی‌های شیمیایی و طعم میوه عناب

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		اسید آسکوربیک	فنل کل	فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل	طعم
زمان برداشت	۱	۱۴۶۶۳/۲۸**	۲۷۶۶۱۵/۵۰**	۲۹/۰۶^{ns}	۰/۹۳۶۹**
دمای خشک‌کردن	۱	۴۰۹۶۹/۵۳**	۱۵۵۶۳۷/۳۶**	۸۱۹۶/۹۹**	۰/۹۴۱۸**
زمان برداشت × دمای خشک‌کردن	۱	۱۱۸۹۶/۵۳**	۲۰۴۴۸۹/۷۱**	۷۲/۱۹^{ns}	۰/۴۶۸۴^{ns}
خطای آزمایشی	۱۸	۲۶۷/۶۰	۹۵۵۶/۴۰	۸۴/۲۷	۰/۳۲۵۴

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ ، * در سطح احتمال ۰/۰۵ و ns غیرمعنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده زمان برداشت و دمای خشک‌کردن بر ویژگی‌های شیمیایی و طعم میوه عناب

تیمارها	اسید آسکوربیک (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)	فنل کل (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (%DPPH)	طعم
زمان برداشت				
بالغ ترد	۷۷/۰۶^{a}	۱۰۵۶/۵۳^{a}	۴۵/۳۴^{a}	۳/۱۵^{b}
رسیده کامل	۳۴/۲۵^{b}	۸۷۰/۵۸^{b}	۴۳/۴۳^{a}	۴/۲۰^{a}
دمای خشک‌کردن				
۴۵	۹۱/۴۳^{a}	۱۰۳۳/۳۰^{a}	۶۰/۳۹^{a}	۳/۸۵^{a}
۶۰	۱۹/۸۷^{b}	۸۹۳/۸۲^{b}	۲۸/۳۸^{b}	۳/۰۵^{b}

حروف غیرمشابه در هر ستون مربوط به هر اثر ساده، نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ بر اساس آزمون توکی می‌باشد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان برداشت و دمای خشک‌کردن بر ویژگی‌های شیمیایی و طعم میوه عناب

زمان برداشت	دمای خشک‌کردن	اسید آسکوربیک (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)	فنل کل (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (%DPPH)	طعم
بالغ ترد	۴۵	۱۳۲/۱۲^{a}	۱۲۰۶/۲۱^{a}	۶۲/۸۵^{a}	۳/۷۱^{a}
	۶۰	۲۲/۰۰^{c}	۹۰۶/۸۵^{b}	۲۷/۸۳^{a}	۳/۱۰^{a}
رسیده کامل	۴۵	۵۰/۷۵^{b}	۸۶۰/۳۸^{b}	۵۷/۹۴^{a}	۳/۸۴^{a}
	۶۰	۱۷/۷۵^{c}	۸۸۰/۷۸^{b}	۲۸/۹۳^{a}	۳/۳۸^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشند

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر زمان برداشت و دمای خشک‌کردن و اثر متقابل آنها بر ویژگی‌های رنگ پوست و قهوه‌ای شدن گوشت میوه عناب

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		L^*	a^*	b^*	C^*	h°	BI
زمان برداشت	۱	۳۵/۹۵**	۳۵/۸۹**	۲۱۸/۸۷**	۱۱۰/۳۳**	۸۵۷۱/۰۰^{ns}	۳۵۷/۰۴**
دمای خشک‌کردن	۱	۳۹/۸۲**	۴۹۸/۴۱**	۱۱۶/۵۴**	۵۸۹/۲۷**	۱۳۲۲۰/۵۹*	۲۵۹/۷۴*
زمان برداشت × دمای خشک‌کردن	۱	۰/۲۹^{ns}	۱۷/۶۸^{ns}	۲/۲۶^{ns}	۱۸/۳۰^{ns}	۱۴۱۳۸/۴۷*	۳۷۹/۹۸**
خطای آزمایشی	۲۸	۳/۶۱	۶/۴۷	۴/۳۵	۷/۴۹	۴۴۳۵/۱۱	۸/۴۲

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ ، * معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ns غیرمعنی‌دار، L^* = روشنایی، a^*= قرمزی، b^*= زردی، C^*= کروما، h°= هیو و BI= قهوه‌ای شدن

www.SID.ir

Archive of SID

درجه سانتی‌گراد)، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش دمای خشک کردن افزایش یافت (لوپز و همکاران، ۲۰۱۰). دلیل این گزارشات متفاوت می‌تواند بدلیل کاهش مدت زمان خشک کردن به‌واسطه افزایش دما باشد و بنابراین میوه‌ها مدت زمان کمتری در معرض دمای بالا قرار گرفته‌اند و در نتیجه میزان افت فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دمای بالا کمتر بوده است. علت این تفاوت هم‌چنین ممکن است به‌واسطه عدم استفاده از دمای بالا (۷۰، ۸۰ یا ۹۰ درجه سانتی‌گراد) برای خشک کردن در تحقیق حاضر نسبت به آزمایشات مذکور باشد.

فنل کل

با افزایش رسیدگی میوه عناب میزان فنل کل کاهش یافت به‌طوری‌که مقدار فنل بیشتر (۱۰۵۶/۵۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) در زمان برداشت بالغ ترد و مقدار کمتر آن (۸۷۰/۵۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) از زمان برداشت رسیده کامل به‌دست آمد (جدول ۲) که با گزارش‌های قبلی مشابه است به طوری که تأخیر در برداشت و پیشرفت بلوغ در زیتون باعث افزایش اسیدهای چرب آزاد و کاهش سریع محتوای پلی‌فنل گردید (دگ[1] و همکاران، ۲۰۱۱). در عناب بیشترین سطح فنل در مرحله سبز رسیده و رسیده سفید مشاهده شد که نشان می‌دهد میزان فنل‌ها به مرحله رسیدگی میوه وابسته است (وو و همکاران، ۲۰۱۲). هم‌چنین با افزایش در میزان بلوغ و رسیدگی میوه عناب، میزان ترکیبات فنولیکی به‌طور معنی‌داری کاهش داشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۶).

با افزایش دمای خشک‌کردن از میزان فنل کل میوه کاسته شد به‌طوری‌که مقدار بیشتر آن (۱۰۳۳/۳۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و مقدار کمتر (۸۹۳/۸۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۲). در خشک کردن زغال اخته بوسیله جریان هوای داغ با دمای ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد میزان فنل کل با افزایش دما از ۵۰ به ۶۰ درجه سانتی‌گراد افزایش و از ۶۰ به ۷۰ درجه سانتی‌گراد کاهش و دوباره از ۷۰ به ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان داد (لوپز و همکاران، ۲۰۱۰). در میوه عناب افزایش دمای خشک کردن از ۶۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد در هر دو نوع روش خشک کردن یعنی هوای داغ و مادون قرمز موجب افزایش معنی‌دار در مقدار فلاونوئید کل در عناب‌های برش زده شد (چن و همکاران، ۲۰۱۵).

مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که با افزایش رسیدگی میوه و افزایش دمای خشک‌کردن میزان فنل کاهش یافت. اثر متقابل زمان برداشت و دمای خشک کردن از اثرات ساده پیروی می‌کند به‌طوری‌که زمان برداشت بالغ ترد با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد دارای بیشترین میزان فنل کل (۱۲۰۶/۲۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) و زمان برداشت رسیده کامل با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد دارای کمترین میزان فنل کل (۸۶۰/۳۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) می‌باشد که البته با اثرات دیگر اختلاف معنی‌داری ندارد (جدول ۳).

اسید آسکوربیک

تأخیر در زمان برداشت موجب کاهش معنی‌داری در مقدار اسید آسکوربیک میوه شد و اسید آسکوربیک بیشتر (۷۷/۰۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) در زمان برداشت بالغ ترد و کمتر (۳۴/۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) در زمان برداشت رسیده کامل به‌دست آمد (جدول ۲) که با یافته‌های قبلی همخوانی دارد به‌طوری‌که در میوه عناب بیش‌ترین سطح ویتامین ث در مرحله سبز رسیده و رسیده سفید گزارش شده است که با افزایش بلوغ و رسیدگی از میزان آن‌ها کاسته شد (وو و همکاران، ۲۰۱۲). گزارش شده است که همراه با رسیدن میوه عناب محتوای ویتامین ث کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد و از ۱۰۹۶ به ۴۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم در گوشت میوه کاهش یافت (اعظم علی[2] و همکاران، ۲۰۰۱). هم‌چنین در عناب چینی در طی مراحل بلوغ، اسید آسکوربیک روند کاهشی را نشان داد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). ثابت شده که اسید آسکوربیک نقش مهمی در سنتز هورمون‌های خاص گیاهی شامل اتیلن، اسید جیبرلیک و گلیکو پروتئین‌های دیواره سلولی دارد و یک واکنش‌دهنده برای آسکوربات اکسیداز است (سوزا[3] و همکاران، ۲۰۱۰). آنزیم پلی‌فنل اکسیداز از اسید آسکوربیک به‌عنوان پیش ماده واکنش‌دهنده استفاده می‌کند و اسید آسکوربیک ممکن است با آمینواسیدها ترکیب شود و منجر به تولید

1. Dag
2. Azam-Ali
3. Suza

www.SID.ir

Archive of SID

رنگدانه‌های قهوه‌ای شود. احتمالاً با افزایش نمو و رسیدگی میوه عناب، اسید آسکوربیک با آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و آمینو اسیدها وارد واکنش شده و از میزان آن کاسته می‌شود.

با افزایش دمای خشک‌کردن از میزان اسید آسکوربیک کاسته شد، به‌طوری‌که مقدار بیشتر (۹۱/۴۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و مقدار کمتر (۱۹/۸۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۲)، که با نتایج گزارش شده در خشک کردن میوه‌های زغال اخته (لوپز و همکاران، ۲۰۱۰)، گوجه فرنگی (اشبیر[1] و همکاران، ۲۰۰۹)، فلفل قرمز (وگا گالوز و همکاران، ۲۰۰۹) و عناب (وزکوئز پارا[2] و همکاران، ۲۰۱۳) مطابقت دارد. هم‌چنین در گزارش اخیر (چن و همکاران، ۲۰۱۵) علاوه بر تأیید وجود مقادیر قابل توجهی از اسید آسکوربیک در ارقام مختلف عناب، نشان داده شد که عناب‌های خشک شده در دماهای کمتر (۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به دماهای خشک کن بالاتر (۷۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد) دارای مقادیر بیشتری از ویتامین ث بودند. نتایج اثر متقابل نشان داد که زمان برداشت بالغ ترد و دمای خشک کردن ۴۵ درجه سانتی‌گراد موجب حفظ بیشتر میزان اسید آسکوربیک نسبت به سایر تیمارها شدند (جدول ۳)، که می‌تواند به دلیل اثر مثبت زمان برداشت زودتر و دمای کمتر خشک‌کن باشد.

ارزیابی حسی

طعم یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی محصول محسوب می‌شود. تأخیر در زمان برداشت میوه موجب افزایش معنی‌داری در طعم و مزه از جنبه‌های اصلی حسی و چشایی شد (جدول ۱)، به‌طوری‌که شاخص طعم از ۳/۱۵ در زمان برداشت بالغ ترد به ۴/۲۰ در میوه رسیده کامل افزایش داشت (جدول ۲). هم‌چنین خشک کردن در دمای ۴۵ درجه موجب بهبود طعم نسبت به دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد شد (جدول ۲). گزارش شده است که عناب‌های خشک شده در دمای کمتر (۵۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به دماهای بالاتر (۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد) امتیاز بیشتری از لحاظ طعم و مزه توسط اعضای پانل گرفتند و علاوه بر آن تفاوت معنی‌داری بین انواع روش‌های خشک کردن از این نظر مشاهده نشد (چن و همکاران، ۲۰۱۵).

تغییرات پارامترهای رنگ پوست میوه

بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با تأخیر در زمان برداشت از مقدار روشنایی پوست میوه کاسته شد به‌طوری‌که روشنایی بیشتر (۳۹/۲۱) در برداشت بالغ ترد و روشنایی کمتر پوست میوه (۳۷/۰۹) در زمان برداشت رسیده کامل ثبت شد (جدول ۵). هم‌چنین با افزایش دمای خشک‌کردن از میزان روشنایی پوست میوه کاسته شد به‌طوری‌که روشنایی بیشتر (۳۹/۲۶) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و روشنایی کمتر (۳۷/۰۳) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. با تأخیر در برداشت، از قرمزی پوست نیز کاسته شد و میزان بیشتر آن (۲۱/۷۲) در زمان برداشت بالغ ترد و مقدار کمتر آن (۱۹/۶۰) در زمان برداشت رسیده کامل ثبت شد (جدول ۵). با افزایش دمای خشک‌کردن مقدار قرمزی پوست نیز کاهش یافت به‌طوری‌که میزان بیشتر آن (۲۴/۶۱) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و مقدار کمتر آن (۱۶/۷۲) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. بررسی مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نشان داد که با تأخیر در برداشت از مقدار زردی پوست میوه کاسته شد به‌طوری‌که زردی بیشتر (۹/۶۸) در زمان برداشت بالغ ترد و زردی کمتر (۴/۴۴) در زمان برداشت رسیده کامل ثبت شد، همچنین با افزایش دمای خشک کردن میزان زردی پوست میوه کاهش یافت به‌طوری که زردی بیشتر (۸/۹۷) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و زردی کمتر (۵/۱۵) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. با تأخیر در برداشت، کروما به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و مقدار بیشتر آن (۲۴/۰۲) در زمان برداشت بالغ ترد و مقدار کمتر (۲۰/۳۱) در زمان برداشت رسیده کامل ثبت شد (جدول ۵). هم‌چنین با افزایش دمای خشک‌کردن میزان کروما کاهش یافت به‌طوری‌که مقدار بیشتر (۲۶/۴۶) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و کمتر (۱۷/۸۸) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد وجود داشت. این نتایج با یافته‌های پیشین (فانگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹) در میوه عناب مطابقت دارد. رنگ تیره‌تر در خشک کردن با دمای بالاتر می‌تواند بدلیل واکنش میلارد یا قهوه‌ای شدن از طریق واکنش‌های شیمیایی بین قندها و پروتئین‌ها حاصل شده

1. Ashebir
2. Vásquez-Parra

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده زمان برداشت و دمای خشک‌کردن بر خصوصیات رنگ پوست و قهوه‌ای شدن گوشت میوه عناب

تیمارها	L^*	a^*	b^*	C^*	h°	BI
زمان برداشت						
بالغ ترد	۳۹/۲۱^a	۲۱/۷۲^a	۹/۶۸^a	۲۴/۰۲^a	۲۳/۵۳^a	۸۳/۵۰^b
رسیده کامل	۳۷/۰۹^b	۱۹/۶۰^b	۴/۴۴^b	۲۰/۳۱^b	۵۶/۲۶^a	۹۰/۱۸^a
دمای خشک‌کردن						
۴۵	۳۹/۲۶^a	۲۴/۶۱^a	۸/۹۷^a	۲۶/۴۶^a	۱۹/۵۷^b	۸۳/۹۹^b
۶۰	۳۷/۰۳^b	۱۶/۷۲^b	۵/۱۵^b	۱۷/۸۸^b	۶۰/۲۲^a	۸۹/۶۹^a

حروف غیرمشابه در هر ستون مربوط به هر اثر ساده، نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ بر اساس آزمون توکی می‌باشد، L^*= روشنایی، a^*= قرمزی، b^*= زردی، C^*= کروما، h°= هیو و BI= قهوه‌ای شدن

باشد (کاپارینو[1] و همکاران، ۲۰۱۲). کارتنوئیدها مسئول ساختن رنگدانه‌های زرد، نارنجی و قرمز می‌باشند. در این تحقیق با توجه به این که با تأخیر در زمان برداشت و افزایش رسیدگی میوه عناب مقدار فنول کل کم شد و احتمالاً از میزان فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کارتنوئیدها کاسته شده و در نتیجه میزان کارتنوئیدها و پارامترهای رنگ میوه کاهش یافته است.

هم‌چنین با افزایش دمای خشک‌کردن مقدار اندیس هیو افزایش یافت به‌طوری‌که مقدار بیشتر آن (۶۰/۲۲) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و مقدار کمتر آن (۱۹/۵۷) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل زمان برداشت و دمای خشک‌کردن نشان داد که بیش‌ترین میزان هیو (۹۷/۶۱) در زمان برداشت رسیده کامل و خشک کردن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۶). نتایجی مشابه در فرآیند خشک کردن میوه عناب (ووجدیلو و همکاران، ۲۰۱۶) گزارش شده است به‌طوری‌که با افزایش دمای خشک‌کردن میزان هیو افزایش معنی‌داری نشان داد.

قهوه‌ای شدن گوشت میوه (*BI*)

با تأخیر در زمان برداشت شاخص قهوه‌ای شدن افزایش یافت. به‌طوری‌که مقدار بیشتر آن (۹۰/۱۸) در زمان برداشت رسیده کامل و مقدار کمتر آن (۸۳/۵۰) در زمان برداشت بالغ ترد حاصل شد (جدول ۵). یافته‌های قبلی نشان می‌دهد که قندهای آزاد در عناب خشک شده شامل ساکارز (۵۰ درصد)، گلوکوز و فروکتوز می‌باشند که مهم‌ترین ترکیبات در واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی (میلارد) می‌باشند (لیرن[2] و همکاران، ۱۹۹۴). در این تحقیق دلیل افزایش قهوه‌ای شدن احتمالاً افزایش همین قندها می‌باشد.

هم‌چنین با افزایش دمای خشک‌کردن مقدار قهوه‌ای شدن افزایش یافت و مقدار بیشتر آن (۸۹/۶۹) در ۶۰ درجه سانتی‌گراد و مقدار کمتر آن (۸۳/۹۹) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج مشابهی در میوه عناب نشان داد که با افزایش دمای خشک‌کردن میزان قهوه‌ای شدن میوه افزایش یافته است (فانگ و همکاران، ۲۰۰۹). چندین آنتی‌اکسیدان آنزیمی و غیرآنزیمی برای جلوگیری از عارضه قهوه‌ای شدن داخلی میوه وجود دارند. آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی طیف وسیعی دارند که مهم‌ترین آن‌ها سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز می‌باشند. این سه آنزیم نقش مهمی در تخریب H_2O_2 دارند. معمولاً رادیکال‌های آزاد اکسیدکننده فنل‌ها، توسط آنتی اکسیدان‌های غیرآنزیمی شامل اسید آسکوربیک، آلفا فرانسنس، گلوتاتیون، آلفاتوکوفرول و ترکیب آن‌ها که سیکل آسکوربات-گلوتاتیون (Glutathione-ascorbate cycle) نامیده می‌شود، کنترل می‌شوند. در این تحقیق با توجه به این که با افزایش دما میزان اسید آسکوربیک میوه کاهش داشت احتمالاً میزان فنل بیشتری اکسید شده و در نتیجه قهوه‌ای شدن گوشت میوه افزایش یافت. اثر متقابل زمان برداشت و دمای خشک‌کردن، از اثرات ساده پیروی می‌کند و کم‌ترین میزان قهوه‌ای شدن گوشت میوه (به میزان ۷۷/۲۱) در زمان برداشت رسیده ترد با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با سایر تیمارها حاصل شد (جدول ۶).

نتیجه‌گیری نهایی

میوه‌های عناب چیده شده در مرحله بالغ ترد نسبت به رسیده کامل دارای ویتامین‌ث بیشتری بودند، اما مدت

1. Caparino
2. Lyrene

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان برداشت و دمای خشک‌کردن بر خصوصیات رنگ پوست و قهوه‌ای شدن گوشت میوه عناب

زمان برداشت	دمای خشک‌کردن	L^*	a^*	b^*	C^*	h°	BI
بالغ ترد	۴۵	۴۰/۲۳^a	۲۴/۹۳^a	۱۱/۳۲^a	۲۷/۵۶^a	۲۴/۲۳^b	۷۷/۲۱^b
	۶۰	۳۸/۱۹^a	۱۸/۵۲^a	۸/۰۳^a	۲۰/۴۹^a	۲۲/۸۴^b	۸۹/۸۰^a
رسیده کامل	۴۵	۳۸/۳۰^a	۲۴/۲۹^a	۶/۶۲^a	۲۵/۳۶^a	۱۴/۹۲^b	۹۰/۷۸^a
	۶۰	۳۵/۸۸^a	۱۴/۹۱^a	۲/۲۷^a	۱۵/۲۶^a	۹۷/۶۱^a	۸۹/۵۹^a

حروف غیرمشابه در هر ستون مربوط به هر اثر ساده، نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ بر اساس آزمون توکی می‌باشد، L^*= روشنایی، a^*= قرمزی، b^*= زردی، C^*= کروما، h°= هیو و BI= قهوه‌ای شدن

زمان لازم برای خشک شدن آنها طولانی‌تر بوده و از این‌رو افت کیفیت ظاهری و افزایش هزینه خشک کردن را به همراه خواهد داشت. اما میوه‌های خشک شده در دمای کمتر (۴۵ درجه سانتی‌گراد) نسبت به دمای بیشتر (۶۰ درجه سانتی‌گراد) دارای ترکیبات فعال زیستی (اسید آسکوربیک، فنل و آنتی‌اکسیدان) بیشتر بودند. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که از لحاظ ارزش تغذیه‌ای و حسی و هم‌چنین احتمالاً از جنبه اقتصادی میوه‌های برداشت شده در مرحله رسیده کامل که در دمای کمتر (۴۵ درجه سانتی‌گراد) خشک شده بودند نتایج مطلوبتری داشته و بهترین تیمار قابل توصیه حاصل از این پژوهش می‌باشد. با وجود این انجام آزمایشات بیشتری در دماهای مختلف خشک‌کن و استفاده از خشک‌کن‌های متفاوت جهت خشک کردن میوه کامل عناب ضروری بنظر می‌رسد.

منابع

Abbas, M.E.F. and Fandi, B.S. 2002. Respiration rate, ethylene production and biochemical changes during fruit development and maturation of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk). Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 1472-1476.

Ashebir, D., Jezik, K., Weingartemann, H. and Gretzmacher, R. 2009. Change in color and other fruit quality characteristics of tomato cultivars after hot-air drying at low final-moisture content. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 60: 308-315.

Azam-Ali, S., Bonkoungou, E., Bowe, C., DeKock, C., Godara, A. and Williams, J.T. 2001. Fruits for the future (revised edition) Ber and other jujubes. International Centre for Underutilised Crops, University of Southampton, Southampton, SO17 1BJ, UK. 290 p.

Bi, J., Chen, Q., Zhou, Y., Liu, X., Wu, X. and Chen, R. 2014. Optimization of short-and medium-wave infrared drying and quality evaluation of jujube powder. Food and Bioprocess Technology, 7: 2375-2387.

Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C.I., Sablani, S.S., Powers, J.R. and Fellman, J.K. 2012. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. Journal of Food Engineering, 111: 135-148.

Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L. and Zhou, Y. 2015. Drying kinetics and quality attributes of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) slices dried by hot-air and short-and medium-wave infrared radiation. LWT-Food Science and Technology, 64: 759-766.

Dag, A., Kerem, Z., Yogev, N., Zipori, I., Lavee, S. and Ben-David, E. 2011. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. Scientia Horticulturae, 127: 358-366.

Doymaz, İ. 2010. Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples. Food and Bioproducts Processing, 88: 124-132.

Emamifar, A. 2014. Assess the impact of oral aloe vera gel as a coating on microbial characteristics, physicochemical and sensory strawberries fresh during storage. Journal of Food Science and New Technologies, 2: 15-29.

Fang, S., Wang, Z., Hu, X. and Datta, A.K. 2009. Hot- air drying of whole fruit Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller): physicochemical properties of dried products. International Journal of Food Science and Technology, 44: 1415-1421.

www.SID.ir

Archive of SID

Kim, S.H., Choi, Y.J., Lee, H., Lee, S.H., Ahn, J.B., Noh, B.S. and Min, S. C. 2012. Physicochemical properties of jujube powder from air, vacuum, and freeze drying and their correlations. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 55: 271-279.

Li, J.W., Fan, L.P., Ding, S.D. and Ding, X.L. 2007. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. Food Chemistry, 103: 454-460.

López, J., Uribe, E., Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Gonzalez, E. and Di Scala, K. 2010. Effect of air temperature on drying kinetics, vitamin C, antioxidant activity, total phenolic content, non-enzymatic browning and firmness of blueberries variety O Neil. Food and Bioprocess Technology, 3: 772-777.

Lu, H., Lou, H., Zheng, H., Hu, Y. and Li, Y. 2012. Nondestructive evaluation of quality changes and the optimum time for harvesting during jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Changhong) fruits development. Food and Bioprocess Technology, 5: 2586-2595.

Lyrene, P.M. and Crocker, R.E. 1994. The Chinese jujube [Fact Sheet HS-50]. Gainesville: University of Florida, Cooperative Extension Service.

Makkar, H.P., Blümmel, M., Borowy, N.K. and Becker, K. 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. Journal of the Science of Food and Agriculture, 61: 161-165.

Moradinezhad, F., Setayesh, F., Mahmoodi, S. and Khayyat, M. 2016. Physicochemical properties and nutritional value of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit at different maturity and ripening stages. International Journal of Horticultural Science and Technology, 3: 43-50.

Öztekin, S. and Martinov, M. 2007. Medicinal and aromatic crops: harvesting, drying, and processing. Binghamtion, NY: Haworth Food and Agricultural Products Press.

Pathare, P.B., Opara, U.L. and Al-Said, F.A. J. 2013. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. Food and Bioprocess Technology, 6: 36-60.

Suza, W.P., Avila, C.A., Carruthers, K., Kulkarni, S., Goggin, F.L. and Lorence, A. 2010. Exploring the impact of wounding and jasmonates on ascorbate metabolism. Plant Physiology and Biochemistry, 48: 337-350.

Turkmen, N., Sari, F., Poyrazoglu, E.S. and Velioglu, Y.S. 2006. Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey. Food Chemistry, 95: 653-657.

Vásquez-Parra, J.E., Ochoa-Martínez, C.I. and Bustos-Parra, M. 2013. Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits (*Physalis peruviana*). Journal of Food Engineering, 119: 648-654

Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J. and Perez-Won, M. 2009. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). Food Chemistry, 117: 647-653.

Wang, B., Huang, Q., Venkitasamy, C., Chai, H., Gao, H., Cheng, N. and Pan, Z. 2016. Changes in phenolic compounds and their antioxidant capacities in jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) during three edible maturity stages. LWT-Food Science and Technology, 66: 56-62.

Wang, Z.F., Fang, S.Z., and Hu, X.S. 2009. Effective diffusivities and energy consumption of whole fruit Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) in microwave drying. Drying Technology, 27: 1097-1104.

Wojdyło, A., Figiel, A., Legua, P., Lech, K., Carbonell-Barrachina, Á.A. and Hernández, F. 2016. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. Food Chemistry, 207: 170-179.

Wu, C.S., Gao, Q.H., Guo, X.D., Yu, J.G. and Wang, M. 2012. Effect of ripening stage on physicochemical properties and antioxidant profiles of a promising table fruit 'pear-jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.). Scientia Horticulturae, 148: 177-184.

Yemmireddy, V.K., Chinnan, M.S., Kerr, W.L. and Hung, Y.C. 2013. Effect of drying method on drying time and physico-chemical properties of dried rabbiteye blueberries. LWT-Food Science and Technology, 50: 739-745.

www.SID.ir