

تأثیر روش خشک کردن بر صفات کیفی و بار میکروبی میوه زرشک (*Berberis integerrima*)

The effect of drying method on quality characteristics and microbial load of *Berberis integerrima*

محسن لکزاییان تیمور^۱، فرید مرادی نژاد^{۲*}، محبوبه ناصری^۳

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

۲. استاد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، (نگارنده مسئول)

۳. استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۸ - شناسانه برنمود رقی: 10.22092/mpt.2025.357114.1184

چکیده

لکزاییان تیمور، م.، مرادی نژاد، ف.، ناصری، م.،. تأثیر روش خشک کردن بر صفات کیفی و بار میکروبی میوه زرشک (*Berberis integerrima*)
نشریه علمی فناوری و گیاهان دارویی ایران، دوره ۶ - شماره ۲ - پیاوند ۱۱- پائیز و زمستان ۱۴۰۲ صفحه: ۱۴۴-۱۵۹

زرشک بی دانه از محصولات مهم باغی و دارویی در خراسان جنوبی است و در صادرات نیز جایگاه ویژه‌ای دارد. به همین منظور آزمایشی به عنوان بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر صفات کیفی و بار میکروبی زرشک در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای خشک کردن شامل آون (دماهای ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد)، مایکروویو (با توان‌های ۱۸۰ و ۹۰۰ وات)، لامپ حرارتی، لامپ مادون قرمز و سایه بود. طبق نتایج آزمایش بیشترین مقدار قند محلول (۲۳۲/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و پرولین (۸/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمارهای مادون قرمز، سایه، مایکروویو با توان ۱۸۰ وات و لامپ حرارتی مشاهده شد. تیمارهای سایه و مایکروویو با توان‌های ۱۸۰ و ۹۰۰ وات موجب حفظ رنگ میوه تا ۱۰۰ درصد شدند. بیشترین میزان چروکیدگی مربوط به تیمار مایکروویو با توان‌های ۱۸۰ و ۹۰۰ وات (حدود ۱۰۰ درصد چروکیدگی) بود و کمترین میزان آلودگی باکتریایی، قارچی و بار میکروبی کل مربوط به تیمار مایکروویو با توان ۹۰۰ وات بود. بطور کلی تیمارهای لامپ مادون قرمز و لامپ حرارتی به‌طور قابل توجهی صفات بیوشیمیایی را افزایش داده و چروکیدگی و آلودگی میوه را کاهش دادند. طبق نتایج این پژوهش تیمار مایکروویو ۱۸۰ وات به عنوان بهترین تیمار به علت حفظ خواص کیفی و تغذیه‌ای میوه زرشک و همچنین کاهش آلودگی‌ها بود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، گیاهان دارویی، لامپ حرارتی، مایکروویو، آنتوسیانین

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: Fmoradinezhad@birjand.ac.ir

مقدمه

زرشک یکی از گیاهان بومی ایران با بیش از ۶۶۰ گونه است که تنها یک گونه آن بی دانه است. زرشک بیدانه (*Berberis integerrima*) یکی از مهمترین محصولات باغی خراسان جنوبی میباشد (Ardestani et al., 2013). میوه زرشک دارای موادی مانند آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها است که می‌توانند به کاهش سطح قند خون کمک کنند از این رو در زمینه درمان و سلامت حائز اهمیت است (Montazerifar et al., 2023). زرشک میوه‌ای فرازگرا و با فصل برداشت کوتاه است و در دوره پس از برداشت با میزان تنفس و تولید اتیلن بالا همراه است و این میوه به صورت خشک شده نگهداری و مصرف می‌شود (Vojodimehrabani et al., 2019). میزان رطوبت در میوه‌ها، نقش مهمی در زنجیره حمل و نقل و ذخیره‌سازی آنها ایفا میکند. بنابراین، کاهش رطوبت یا خشک کردن به طور گسترده برای افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت پس از برداشت محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mohammed et al., 2020). روش‌های مختلفی برای خشک کردن میوه‌ها به منظور افزایش عمر انبارمانی از جمله استفاده از انرژی تابشی خورشید (Mohammed et al., 2020) و خشک کردن صنعتی با استفاده از هوای داغ (Liu et al., 2021) و غیره وجود دارد. با این حال، در خشک کردن سنتی به دلیل سرعت پایین فرآیند و میزان بالای سطح آلودگی میکروبی و در فرآیند خشک کردن صنعتی با استفاده از هوای داغ بدلیل مصرف انرژی بالا و اعمال حرارت‌های نسبتاً

شدید کیفیت فرآورده به ویژه خواص حسی و تغذیه‌ای کاهش پیدا می‌کند (Liu et al., 2021). همچنین در مورد خشک کردن سنتی و صنعتی، واکنش‌های قهوه‌ای شدن کیفیت میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این فعل و انفعالات با ایجاد رنگ تیره، ظاهر نامطلوبی به فرآورده می‌بخشد و بازار پسندی آن را کاهش می‌دهد. از این رو تولید کنندگان برای خشک کردن از مواد شیمیایی نظیر دی اکسید گوگرد استفاده میکنند (Liu et al., 2021). امروزه استفاده از روش‌های ایمن و کم خطر مانند استفاده از نور مادون قرمز و مایکروویو برای خشک کردن میوه و سبزی افزایش یافته است. این روش‌ها با سرعت و کارایی بالا، میوه‌ها را خشک نموده و خواص و کیفیت آنها را حفظ می‌کند- (Liu et al., 2021). بطور کلی انتخاب روش مناسب خشک کردن به حفظ کیفیت ظاهری و شیمیایی زرشک کمک میکند. بنابراین در این پژوهش، تأثیر استفاده از روش‌های مختلف خشک کردن شامل آون (با دمای ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد)، مایکروویو (با توان‌های ۱۸۰ و ۹۰۰ وات)، لامپ حرارتی، لامپ مادون قرمز و سایه بر ویژگی مورفولوژیکی و بیوشیمیایی میوه زرشک بررسی شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر صفات کیفی و بار میکروبی میوه زرشک آزمایشی بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار شامل آون (با دمای ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد)، مایکروویو (با توان‌های ۱۸۰ و ۹۰۰ وات)، لامپ حرارتی، لامپ مادون قرمز

(Ghartavol et al., 2024).

اندازه گیری قدرت مهار کنندگی

رادیكال های آزاد

ظرفیت آنتی اکسیدانی کل با استفاده از روش ۲،۲-دی فنیل-۲-پیکریل هیدرازیل (DPPH) و برحسب درصد تعیین شد (Vakili-Ghartavol and Alizadeh-Salteh, 2016).

اندازه گیری پرولین

مقدار ۰/۵ گرم از نمونه گیاهی ۱۰ سی سی سولفوسالسیلیک ۳ درصد اضافه کرده و نمونه ها در هاون چینی به خوبی سائیده شدند. نمونه حاصل در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه و سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت و فیلتر شد. میزان جذب آن در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. آنگاه غلظت پرولین بر حسب میلی گرم بر گرم ماده تر با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید (Bates et al., 1973).

اندازه گیری قند محلول

ابتدا ۰/۵ گرم نمونه گیاهی در داخل ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵٪ له شده، سپس به آن مقدار ۱۵ سی سی اتانول ۷۰٪ اضافه کرده تا عصاره گیری شود. عصاره حاصل بعد از سانتریفیوژ فیلتر شد سپس عدد جذب آن در دستگاه سانتریفیوژ با طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد (Gurrieri et al., 2020).

اندازه گیری آنتوسیانین

مقدار ۰/۱ گرم نمونه گیاهی را در ۱۰ میلی لیتر اتانول حل کرده و پس از رنگ دهی توسط پمپ خلا صاف کرده و میزان جذب آن در دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت شد (Farooq et al., 2020).

و سایه در ۳ تکرار در آزمایشگاه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. میوه ها در آبان ماه سال ۱۴۰۱ از باغ های منطقه مود در نزدیکی بیرجند برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از جداسازی میوه از شاخه ها، تیمارهای فوق بر روی بسته های ۱۰۰ گرمی برای هر تکرار اعمال شد. زرشک های مدنظر حاوی ۷۱ درصد طوبیت و ۲۹ درصد ماده خشک بودند. پس از خشک شدن صفات ذیل بر روی میوه اندازه گیری شدند:

اندازه گیری محتوای رطوبتی

در ابتدا سه نمونه ۱۰۰ گرمی تهیه گردیده و بوسیله آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید تا درصد رطوبت میوه زرشک تعیین گردد و مشخص گردد که نمونه ها باید به چه وزنی برسند. برای محاسبه آن از فرمول زیر استفاده شد:

$$100 * \frac{\text{وزن نهایی} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} = \text{درصد رطوبت}$$

عصاره گیری

حدود ۲ گرم میوه در ۱۰ میلی لیتر متانول ۹۸ درصد اضافه کرده و توسط همزن مخلوط شد، سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد. سپس محلول، به وسیله دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه و سرعت دورانی ۶۰۰۰ دور در دقیقه فیلتر شد (Naseri et al., 2023).

اندازه گیری پلی فنل

میزان پلی فنل به روش فولین سیکالتو اندازه گیری شد (Parolia et al., 2022).

اندازه گیری فلاونوئید

از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم برای تعیین مقدار فلاونوئیدها استفاده شد (Vakili-

جدول ۱- نتایج میانگین مربعات تأثیر روش های مختلف خشک کردن بر صفات بیوشیمیایی میوه زرشک بی دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	پلی فنل	فلاونوئید	قند محلول	پرولین	اسیدیته	آنتوسیانین	آنتی اکسیدان
خشک کردن	۷	۱/۸۶۴ ^{ns}	۰/۸۷۵ ^{ns}	۶/۸۵۷ ^{**}	۶/۸۵۷ ^{**}	۶۵/۵۶۳ ^{**}	۱۸/۲۶۸ ^{**}	۳/۲۴۸ [*]
خطا	۱۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۳۳۴	۲/۰۱۳
ضریب تغییرات	-	۰/۰۰۸	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۰۷۶۵	۰/۰۱۵	۰/۰۴۴	۰/۳۲۲	۰/۰۲۰

ns، **، * و به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال خطای ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی داری

بازجذب آب

نمونه های خشک شده در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد با غوطه وری در یک حمام آب با نسبت آب به میوه (۱:۱۰) مجدد جذب آب کردند. در فواصل زمانی مشخص، نمونه های گیاهی را از مایع خارج کرده، با دستمال کاغذی آب سطحی جذب شده و سپس عمل توزین انجام شد. در نهایت میزان بازجذب طبق فرمول زیر محاسبه شد (Dalvi-Isfahan, 2020). درصد بازجذب = (وزن تر پس از جذب آب / وزن خشک قبل از جذب آب) * ۱۰۰

اندازه گیری بار میکروبی و قارچی کل

برای اندازه گیری آلودگی نمونه ها از روش رامندی و همکاران استفاده شد (Ramandi et al., 2023)

اندازه گیری رنگ و چروکیدگی میوه

برای تعیین کیفیت ظاهری (رنگ و چروکیدگی) میوه، میزان تغییر رنگ و چروکیدگی آن ها از ۰ تا ۱۰۰ درصد تغییر در ۵ سطح (۲۰-۰)، (۴۰-۲۰)، (۶۰-۴۰)، (۸۰-۶۰)، (۱۰۰-۸۰) برای آنها در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آماری

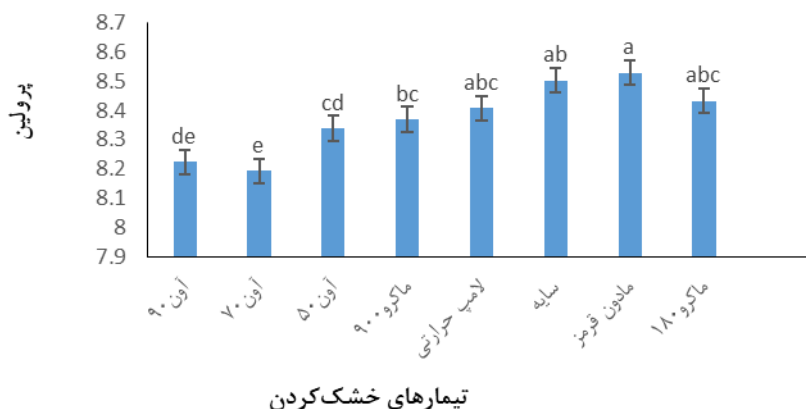
آنالیز واریانس (ANOVA) با نرم افزار SPSS 24 و مقایسه میانگین داده ها با آزمون چند دامنه دانکن با سطح اطمینان ۵ درصد انجام شد. تمام آزمایش ها با سه تکرار و میانگین و انحراف معیار داده ها محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از میانگین مربعات (جدول ۱ و ۲) نشان داد که تأثیر روش های مختلف خشک کردن بر صفات قند محلول، پرولین، pH، آنتوسیانین، آنتی اکسیدان، رنگ، چروکیدگی، بازجذب، میزان آلودگی های باکتریایی، قارچی و بار میکروبی کل، در سطح یک درصد معنی دار شدند ولی بر صفات پلی فنل و فلاونوئید تأثیر قابل توجهی نداشت.

پرولین

طبق نتایج تجزیه واریانس تأثیر روش های خشک کردن بر میزان پرولین معنی دار بود (جدول ۱). در تیمار خشک کردن میوه زرشک با مادون قرمز بیشترین مقدار پرولین ۸/۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک بدست آمد. همچنین تیمارهای سایه، مایکروویو با توان ۱۸۰ وات و لامپ



شکل ۱: اثر روش های مختلف خشک کردن بر میزان پرولین میوه زرشک.

(نتایج دارای حروف متفاوت، براساس ازمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی دار هستند)

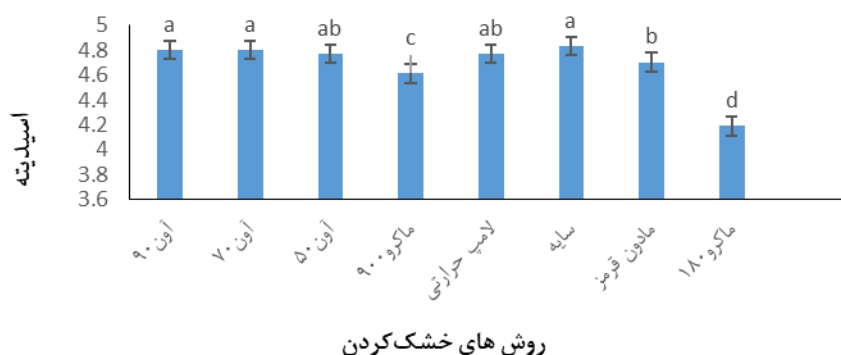
پرولین، به دو عامل اصلی یعنی زمان و دمای خشک کردن بستگی دارد (Mirzaei-Ghaleh *et al.*, 2017). در زمان های کوتاه، گیاه فرصت کافی برای تجزیه و مصرف متابولیت ها ندارد و در نتیجه، میزان متابولیت ها بیشتر است. از سوی دیگر، دمای خشک کردن به عنوان یک نوع تنش برای گیاه محسوب می شود و دماهای بالا می توانند اثرات مخربی بر متابولیت ها داشته باشند. با افزایش سرعت جریان هوا، زمان خشک کردن کاهش می یابد و این امر معمولاً با افزایش دما همراه است (Das and Arora, 2018). بنابراین، حفظ بهتر کربوهیدرات ها در این تیمار به این پدیده مرتبط است.

اسیدیت میوه

تاثیر روش خشک کردن بر میزان اسیدیت میوه در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین ها (شکل ۲) نشان داد کمترین میزان pH مربوط به تیمار مایکروویو با توان ۱۸۰ وات با مقدار ۴/۱ بود و بالاترین مقدار مربوط به تیمارهای سایه، آون با دماهای ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتیگراد و لامپ حرارتی بود.

حرارتی دارای مقادیر عددی کمتر و بدون هیچ تفاوت معنی دار با تیمار مادون قرمز قرار داشتند و تیمارهای آون با دماهای ۹۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد کمترین مقدار را برای پرولین نشان دادند (شکل ۱).

بالا بودن میزان پرولین در تیمار مادون قرمز می تواند ناشی از سرعت بالای خشک شدن و کاهش زمان تماس با حرارت باشد. این امر باعث می شود تا ترکیبات محلول در آب و حساس به حرارت مانند قندها و پرولین، کمتر تحت تاثیر تخریب ناشی از حرارت قرار گیرند (Wang *et al.*, 2021). از طرفی، استفاده از دماهای پایین تر در تیمارهای سایه، مایکروویو و لامپ حرارتی نیز می تواند به حفظ این ترکیبات کمک کند. در مقابل، قرار گرفتن در معرض دماهای بالا در آون منجر به تجزیه و از بین رفتن قندها و پرولین می شود (Vega-Gálvez *et al.*, 2012). Danso-Boateng و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که روش های خشک کردن بر کیفیت عناصر غذایی برگ ریحان موثر است. میزان متابولیت های موجود در میوه، از جمله

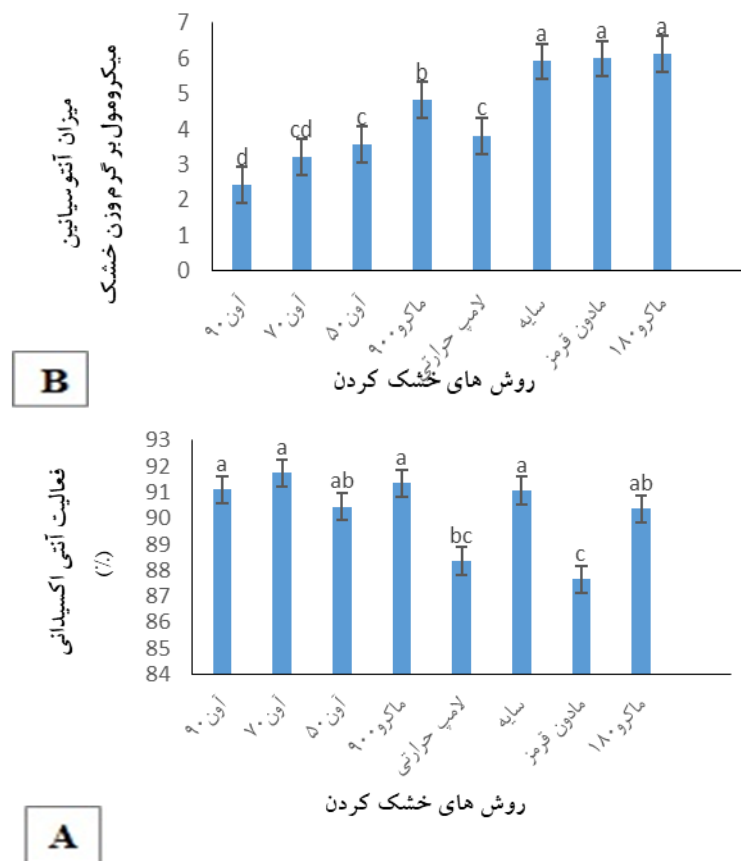


شکل ۲: اثر روش های مختلف خشک کردن بر میزان پی اچ میوه زرشک
(نتایج دارای حروف متفاوت، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی دار هستند)

معرض دمای بالا و برای زمان طولانی قرار دارند (آون)، ممکن است باعث تجزیه اسیدهای آلی و افزایش pH شوند (Rastogi *et al.*, 1999). در پژوهشی در مورد تأثیر دمای خشک کردن بر زردآلو نشان داد که میزان pH میوه در دو رقم "کافونا" و "پلس" با افزایش دما از ۵۵ درجه سانتی گراد تا ۷۵ درجه سانتی گراد افزایش یافت (Madrau *et al.*, 2009). نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد و نشان می دهد که دمای بالا می تواند منجر به کاهش اسیدیته میوه شود. تغییرات در اسیدیته می تواند بر طعم و عطر زرشک خشک شده تأثیر بگذارد. اسیدیته مناسب به ایجاد تعادل در طعم میوه کمک می کند و می تواند بر پذیرش مصرف کننده تأثیر بگذارد (Krokida *et al.*, 2003). برخی از اسیدهای موجود در میوه ها، مانند اسید سیتریک و اسید مالیک، به حرارت حساس هستند. در دماهای بالا، این اسیدها ممکن است تجزیه شوند و به ترکیبات دیگر تبدیل شوند. این تجزیه می تواند منجر به کاهش میزان اسیدیته و تغییر در طعم میوه شود.

زرشک به دلیل طعم ترش و خواص دارویی شناخته شده است. اسیدهای آلی موجود در زرشک، به ویژه اسید سیتریک، نقش مهمی در تعیین طعم و ویژگی های تغذیه ای آن دارند (Imani *et al.*, 2020).

بیشترین مقدار اسیدیته میوه مربوط به تیمارهای سایه، آون با دماهای ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی گراد و لامپ حرارتی بود (شکل ۲). روش خشک کردن زرشک تأثیر قابل توجهی بر میزان اسیدیته و ویژگی های حسی آن دارد (Doymaz, 2005). در طول فرآیند خشک کردن، آب موجود در میوه کاهش می یابد که منجر به افزایش غلظت مواد محلول، از جمله اسیدهای آلی می شود. با این حال، میزان اسیدیته نهایی به تعادل بین تغلیظ اسیدها و تخریب آنها بستگی دارد. کاهش pH در تیمار مایکروویو با توان ۱۸۰ وات ممکن است به دلیل حفظ بهتر اسیدهای آلی در این روش باشد. مایکروویو با ایجاد حرارت یکنواخت و کاهش زمان خشک کردن، می تواند از تخریب حرارتی اسیدهای آلی جلوگیری کند. از طرفی، نمونه هایی که در



شکل ۱: اثر روش های مختلف خشک کردن بر (A) میزان فعالیت آنتی اکسیدانی میوه و (B) میزان آنتوسیانین میوه زرشک
(نتایج دارای حروف متفاوت، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی دار هستند)

ترتیب با مقادیر ۶/۱، ۵/۹ و ۵/۹ میکرومول بر گرم وزن خشک دارای بیشترین مقدار بودند و تیمار آون با دماهای ۹۰ و ۷۰ درجه سانتیگراد به ترتیب با مقادیر ۲/۴ و ۳/۲ میکرومول بر گرم وزن خشک کمترین مقدار را به خود اختصاص داد (شکل ۳، B). طبق نتایج تجزیه واریانس روش خشک کردن بر میزان آنتوسیانین و فعالیت آنتیاکسیدانی اثر معنی داری داشت (جدول ۱). میزان آنتوسیانین در تیمار مایکروویو با توان ۱۸۰، مادون قرمز و سایه دارای بالاترین مقدار بودند (شکل ۳).

ترکیب آنتی اکسیدانها بعنوان پارامترهای کلیدی

فعالیت آنتی اکسیدانی و آنتوسیانین کل

نتایج نشان داد که روش خشک کردن بر فعالیت آنتیاکسیدانی و میزان آنتوسیانین بطور معنی داری موثر است (جدول ۱). طبق نتایج مقایسه میانگین (شکل ۳، A) میزان مهارکنندگی رادیکالهای آزاد DPPH در تیمار آون با دماهای ۵۰، ۷۰ و ۹۰، مایکروویو با توانهای ۱۸۰ و ۹۰۰ و سایه دارای بیشترین مقدار بود. تیمارهای مادون قرمز و لامپ حرارتی به ترتیب با ۸۷٪ و ۸۸٪ کمترین میزان مهارکنندگی رادیکالهای آزاد DPPH را داشتند. میزان آنتوسیانین در تیمارهای مایکروویو با توان ۱۸۰، مادون قرمز و سایه به

تغییر دهد (Bhatt *et al.*, 2019).

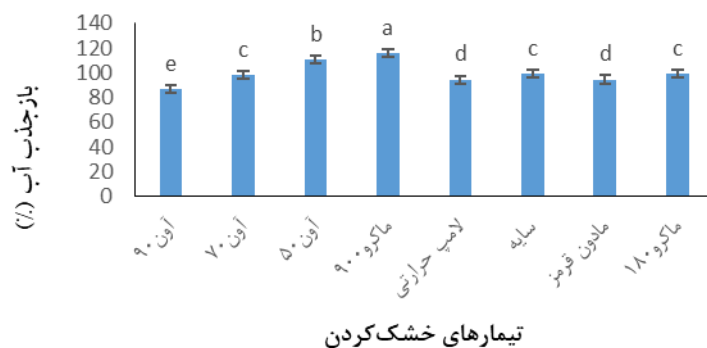
بازجذب آب

تأثیر روش خشک کردن میوه زرشک بر میزان بازجذب آب معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴) نشان داد بیشترین میزان بازجذب آب مربوط به تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات با مقدار ۱۱۶ درصد و کمترین میزان مربوط به آون ۹۰ درجه سانتی‌گراد با مقدار ۸۷ درصد بود. استفاده از مایکروویو برای خشک کردن، توانایی باز جذب آب را به طور قابل توجهی بیشتر میکند که دلیل آن بیشتر شدن خلل و فرج در طی فرآیند خشک کردن می‌باشد. طبق نتایج بیشترین میزان بازجذب آب میوه مربوط به تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات بود. انرژی مایکروویو در قسمت‌های درونی گیاه به سرعت به حرارت تبدیل میشود و این امر باعث ایجاد فشار درونی می‌شود که به طور عمده بر روی میوه تأثیرگذار است و در نهایت موجب تشکیل بافت پف کرده در تیمار مایکروویو شد. اگرچه دیواره سلولی قادر به حفظ کامل تغییر حجم ایجاد شده نیست و ساختار سلولی تا حدی به حالت اولیه نزدیک می‌شود، اما ساختار میوه‌های خشک شده با مایکروویو در مقایسه با خشک کردن با هوای داغ، دارای تخلخل بیشتری است (Askari *et al.*, 2006).

چروکیدگی و رنگ

نتایج مقایسه میانگین (شکل ۵، A و B) نشان داد بیشترین میزان چروکیدگی بافت و رنگ ظاهری میوه مربوط به تیمارهای سایه و مایکروویو با توانهای ۱۸۰ و ۹۰۰ وات بود و کمترین میزان مربوط به تیمار آون با دمای ۹۰ درجه سانتیگراد

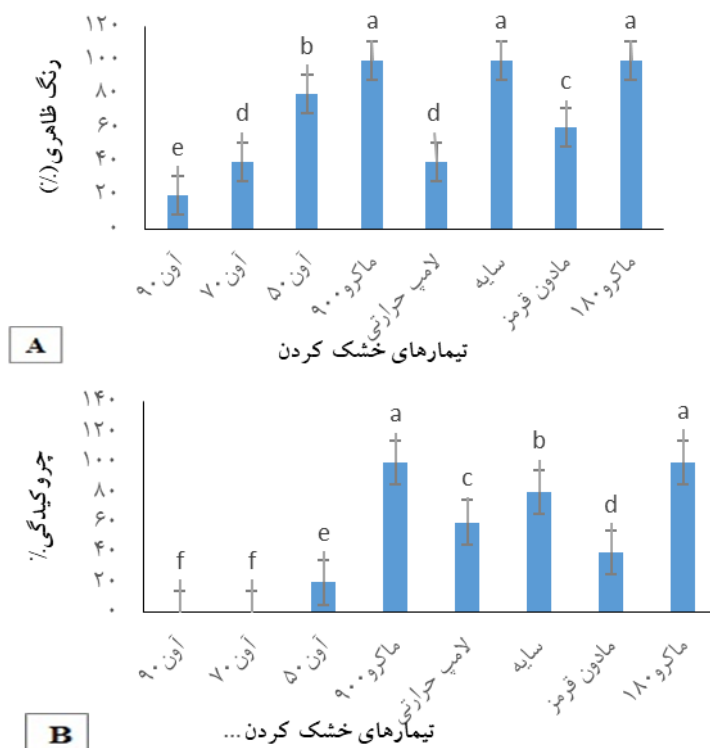
در جلوگیری از استرس اکسیداتیو مسئول بیماری‌های مزمن شناخته می‌شوند (Lobo *et al.*, 2010). بنابراین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (عمدتاً در نتیجه حضور ویتامین‌ها و پلی‌فنول‌ها) یک پارامتر کیفی مهمی است که اغلب در مواد غذایی ارزیابی می‌شود. در یک مطالعه موسیر تازه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به نمونه‌های خشک داشت (Kurnia *et al.*, 2021). مطالعات گوناگون نشان میدهند که روش‌های مختلف خشک کردن گیاه میتواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه را تغییر دهد (Bhatt *et al.*, 2019). آنتوسیانین‌ها رنگدانه‌های آنتی‌اکسیدانی محلول در آب و مسئول بسیاری از رنگ‌های قرمز، آبی و بنفش در میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشند (Lutz, 2015). قرار گرفتن در معرض دمای بالا و غلظت بالای اکسیژن در فرآیند خشک کردن منجر به تخریب سریع آنتوسیانین‌ها می‌شود (Mitra *et al.*, 2013). در گزارشاتی دماهای بیشتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش مقدار آنتوسیانین میشود که امکان دارد ناشی از اثر تخریب حرارتی در دماهای بالا باشد (Heydari *et al.*, 2014). در مقابل، تیمارهای مایکروویو، مادون قرمز و سایه، به دلیل سرعت بالای خشک کردن و کاهش زمان تماس با حرارت، باعث حفظ میزان آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میشود. در پژوهشی موسیر تازه ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به موسیر خشک داشت (Kurnia *et al.*, 2021). مطالعات گوناگون نشان می‌دهند که روش‌های مختلف خشک کردن گیاه می‌تواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه را



شکل ۴: اثر روش های مختلف خشک کردن بر میزان باز جذب آب میوه زرشک (نتایج دارای حروف متفاوت، براساس ازمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی دار هستند)

هوای گرم بر روی ورقه های برش خورده گلایی انجام شد و نتایج نشان داد که کمترین تغییرات رنگ و چروکیدگی به ترتیب در دمای ۵۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد بود (*Khorshidi et al.*, 2017). احتمالاً میزان گرمای بالا و افزایش سرعت خروج رطوبت از بافت گیاه در زمان اعمال انرژی مایکروویو منجر به افزایش میزان ترک خوردگی سطحی و چروکیدگی در میوه خشک شده می شود (*Maskan et al.*, 2002). بیشترین چروکیدگی در نخستین مراحل خشک کردن اتفاق می افتد و برای کاهش درصد چروکیدگی بافت محصول میتوان از دماهای پایین استفاده کرد (*Artnaseaw et al.*, 2010). روش خشک کردن بر میزان بار میکروبی میوه معنی دار بود (جدول ۲). در تیمارهای خشک کردن نتایج مختلفی در مورد آلودگی قارچی، باکتریایی و بار میکروبی مشاهده شد (شکل ۶، A، B و C). بطوریکه، تیمار سایه دارای بالاترین میزان آلودگی قارچی (B)، باکتریایی (A) و بار میکروبی (C) بود و تیمار مایکروویو با توان ۹۰۰ وات کمترین مقدار آلودگی را برای قارچ

بود. بنابراین در این مطالعه، تیمار مایکروویو و سایه موجب حفظ رنگ ظاهری میوه شد ولی با حداکثر چروکیدگی بافت میوه همراه بود و سپس تیمارهای لامپ مادون قرمز و لامپ حرارتی قرار داشتند. سپس با افزایش دمای آون از ۵۰ به ۹۰ درجه سانتی گراد میزان رنگ و چروکیدگی بافت میوه کاهش یافت. اثر خشک کردن بر میزان رنگ میوه و میزان چروکیدگی معنی دار بود (جدول ۲). بنابراین در این مطالعه، تیمارهای مایکروویو و سایه موجب حفظ رنگ ظاهری میوه شدند ولی حداکثر چروکیدگی بافت میوه ایجاد شد. در ادامه تیمارهای لامپ مادون قرمز و لامپ حرارتی قرار داشتند. سپس با افزایش دمای آون از ۵۰ به ۹۰ درجه سانتی گراد میزان رنگ و چروکیدگی بافت میوه کاهش یافت (شکل ۵). در یک مطالعه بر روی خشک کردن میوه های زردآلو با آون مشاهده شد که با افزایش دمای خشک کردن از ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد میزان درخشندگی و رنگ میوه کاهش یافت (*Ihns et al.*, 2011). در مطالعه ای دیگر اثر خشک کردن با جریان



شکل ۵: اثر روش های مختلف خشک کردن بر (A) میزان رنگ ظاهری میوه و (B) میزان چروکیدگی میوه زرشک
(نتایج دارای حروف متفاوت، براساس ازمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی دار هستند)

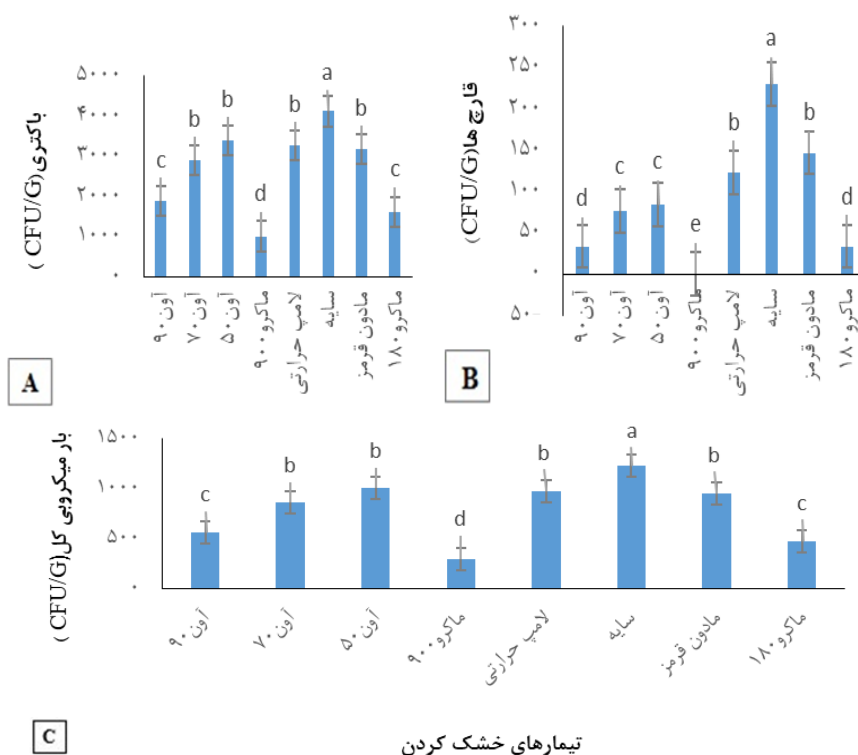
و میکروارگانیزم های موجود در هوا، با خطر بالاتری از نظر آلودگی میکروبی و قارچی (به ویژه کپک های تولید کننده مایکوتوکسین) همراه هستند. در مقابل، تیمار مایکروویو با توان ۹۰۰ وات، به دلیل اثرات حرارتی و غیرحرارتی امواج مایکروویو و همچنین کاهش فعالیت آبی در محصول، کمترین میزان آلودگی را نشان داد. امروزه، خشک کردن با امواج مایکروویو به عنوان یک روش مؤثر برای کاهش بار میکروبی و بهبود ایمنی مواد غذایی شناخته می شود (Rastogi et al., 2018).

آلودگی های باکتریایی، قارچی و

بار میکروبی کل

در روش خشک کردن محصول در محیط

(صفر)، باکتری (۲/۹ کلون در هر گرم میوه) و بار میکروبی (۲/۴ کلون در هر گرم میوه) نشان داد. تیمار سایه دارای بالاترین میزان آلودگی قارچی، باکتریایی و بار میکروبی بود (شکل ۶) و تیمار مایکروویو با توان ۹۰۰ وات کمترین مقدار آلودگی را نشان داد. تیمار خشک کردن در سایه، به دلیل قرار گرفتن میوه ها در معرض مستقیم عوامل محیطی و عدم کنترل شرایط بهداشتی، بالاترین میزان آلودگی میکروبی را نشان داد. این یافته ها با نتایج مطالعات انجام شده در سال های اخیر مطابقت دارد (Rajković et al., 2020; Silva et al., 2022) که نشان داده اند روش های خشک کردن سنتی در فضای باز، به دلیل آلودگی با گرد و غبار، حشرات



شکل ۶: اثر روش های مختلف خشک کردن بر (A) میزان آلودگی باکتریایی میوه و (B) میزان آلودگی قارچی میوه و (C) میزان بار میکروبی کل میوه زرشک (نتایج دارای حروف متفاوت، براساس ازمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی دار هستند).

کمک می‌کنند، در حالی که تیمار سایه
بیشترین آلودگی میکروبی را داشت. استفاده از
مایکروویو با توان ۹۰۰ وات منجر به افزایش
چروکیدگی بافت میوه گردید. با توجه به نتایج،
تیمار مایکروویو با توان ۱۸۰ وات به علت نتایج
بهتر در میزان قند محلول (۲۳۲/۵ میلی گرم بر
گرم وزن خشک)، پرولین (۸/۴ میلی گرم بر گرم
وزن خشک)، قدرت مهار کنندگی رادیکال‌های
آزاد (۹۰/۳ درصد) و آنتوسیانین (۶/۱ میکرومول
بر گرم وزن خشک) و همچنین کاهش آلودگی
میتواند روش مناسبی برای خشک کردن میوه
زرشک باشد.

باز (بویره خشک کردن در سایه) به دلیل فرار گرفتن محصول در معرض مستقیم گرد و خاک و عوامل محیطی، در مقایسه با روش‌های خشک کردن صنعتی که در فضای بسته صورت می‌گیرند، امکان آلودگی میکروبی محصول بیشتر است (Doymaz, 2004) که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

نتیجہ گیری

این مطالعه نشان داد که تیمارهای سایه و مایکروویو، به‌ویژه با توان ۱۸۰ وات، موجب افزایش میزان قند محلول، پرولین، قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH و آنتوسیانین می‌شوند و به حفظ رنگ میوه

References:

- Ardestani, S. B., Sahari, M. A., Barzegar, M., & Abbasi, S. 2013. Some physicochemical properties of Iranian native barberry fruits (abi and poloei): *Berberis integerrima* and *Berberis vulgaris*. Journal of food and pharmaceutical sciences, 1(3):
- Artnaseaw, A., Theerakulpisut, S., and Benjapiyaporn, C. 2010. Development of a vacuum heat pump dryer for drying chilli. Biosystems Engineering, 105: 130-138.
- Askari, G. R., Emam, Z., & Mousavi, S. M. 2006. Effects of combined coating and microwave assisted hot-air drying on the texture, microstructure and rehydration characteristics of apple slices. Food Science and Technology International, 12(1): 39-46.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. A., & Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil, 39: 205-207.
- Bhatt, I., Negi, P. S., & Rajoriya, A. 2019. Effect of different drying methods on bioactive compounds and antioxidant activity of *Stevia rebaudiana* leaves. Journal of Food Science and Technology, 56(3): 1305-1314.
- Dalvi□Isfahan, M. 2020. A comparative study on the efficiency of two modeling approaches for predicting moisture content of apple slice during drying. Journal of food process engineering, 43(11): e13527.
- Danso-Boateng, E., Okine, J., Adomako, E., & Oppong, D. 2013. Effect of drying methods on the quality and nutrient composition of sweet basil leaves (*Ocimum basilicum* L.). American Journal of Food Technology, 8(4): 255-263.
- Das, I., & Arora, A. 2018. Alternate microwave and convective hot air application for rapid mushroom drying. Journal of Food Engineering, 223: 208-219.
- Doymaz, İ. 2005. Drying characteristics and sorption isotherms of apricot. Journal of Food Engineering, 69(3): 275-283.
- Farooq, S., Shah, M. A., Siddiqui, M. W., Dar, B. N., Mir, S. A., & Ali, A. 2020. Recent trends in extraction techniques of anthocyanins from plant materials. Journal of Food Measurement and Characterization, 14: 3508-3519

- Gurrieri, L., Merico, M., Trost, P., Forlani, G., & Sparla, F. 2020. Impact of drought on soluble sugars and free proline content in selected Arabidopsis mutants. *Biology*, 9(11): 367.
- Ardestani, S. B., Sahari, M. A., Barzegar, M., & Abbasi, S. 2013. Some physicochemical properties of Iranian native barberry fruits (abi and poloei): *Berberis integerrima* and *Berberis vulgaris*. *Journal of food and pharmaceutical sciences*, 1(3):
- Artnaseaw, A., Theerakulpisut, S., and Benjapiyaporn, C. 2010. Development of a vacuum heat pump dryer for drying chilli. *Biosystems Engineering*, 105: 130-138.
- Askari, G. R., Emam, Z., & Mousavi, S. M. 2006. Effects of combined coating and microwave assisted hot-air drying on the texture, microstructure and rehydration characteristics of apple slices. *Food Science and Technology International*, 12(1): 39-46.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. A., & Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, 39: 205-207.
- Bhatt, I., Negi, P. S., & Rajoriya, A. 2019. Effect of different drying methods on bioactive compounds and antioxidant activity of *Stevia rebaudiana* leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3): 1305-1314.
- Dalvi Isfahan, M. 2020. A comparative study on the efficiency of two modeling approaches for predicting moisture content of apple slice during drying. *Journal of food process engineering*, 43(11): e13527.
- Danso-Boateng, E., Okine, J., Adomako, E., & Oppong, D. 2013. Effect of drying methods on the quality and nutrient composition of sweet basil leaves (*Ocimum basilicum* L.). *American Journal of Food Technology*, 8(4): 255-263.
- Das, I., & Arora, A. 2018. Alternate microwave and convective hot air application for rapid mushroom drying. *Journal of Food Engineering*, 223: 208-219.
- Heydari, S., Rezaei, R., & Haghayegh, G. H. 2014. Effect of drying processes on stability of anthocyanin extracts from saffron petal. *Evolving Trends in Engineering and Technology*, 2: 13-18.
- Ihns, R., Diamante, L. M., Savage, G. P., & Vanhanen, L. 2011. Effect of temperature on the drying characteristics, colour, antioxidant and beta-carotene contents of two apricot varieties. *International journal of food science &*

- technology, 46(2): 275-283.
- Imani, A., Koocheki, A., Ghorbani, M., & Razavi, S. M. A. 2020. Optimization of barberry juice extraction using response surface methodology. Food Science & Nutrition, 8(1), 291-301.
- Khorshidi, Y., Kalantari, D., & Asghari, A. 2017. Investigating the Influence of Drying Temperature and Air Flow Velocity on Some Qualitative Specifications of the Sliced Pear During Drying and Employment of Image Processing Technique. Research and Innovation in Food Science and Technology, 6(1): 87-102.
- Krokida, M. K., Karathanos, V. T., Maroulis, Z. B., & Marinos-Kouris, D. 2003. Effect of drying method on colour and other quality parameters of dehydrated products. Journal of Food Engineering, 57(1):43-51.
- Kurnia, D., Ajiati, D., Heliawati, L. and Sumiarsa, D. 2021. Antioxidant properties and structure-antioxidant activity relationship of Allium species leaves. Molecules, 26(23): 7175-7202.
- Liu, Z., Liao, C., Golson, K., Phillips, S., & Wang, L. 2021. Survival of common foodborne pathogens on dried apricots made with and without sulfur dioxide treatment. Food Control, 121: 107569.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. Pharmacognosy Reviews, 4(8): 118-126.
- Lutz, M., Hernández, J., & Henríquez, C. 2015. Phenolic content and antioxidant capacity in fresh and dry fruits and vegetables grown in Chile. CyTA-Journal of Food, 13(4): 541-547.
- Madrau, M. A., Piscopo, A., West, G., Loi, A., & Del Caro, A. 2009. Effect of drying temperature on polyphenols and antioxidant activity of apricots. European Food Research and Technology, 228(4), 613-622.
- Maskan, A., Kaya, S., & Maskan, M. 2002. Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil). Journal of Food Engineering, 54(1): 75-80.
- Mirzaei-Ghaleh, E., Aghdam, M. S., Hassanpour, H., & Mostofi, Y. 2017. Effect of

- different drying methods on bioactive compounds and antioxidant activity of barberry fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), e13139.
- Mitra, P., Meda, V., & Green, R. 2013. Effect of drying techniques on the retention of antioxidant activities of *Saskatoon berries*. *International Journal of Food Studies*, 2(2).
- Mohammed, S., Edna, M., & Siraj, K. 2020. The effect of traditional and improved solar drying methods on the sensory quality and nutritional composition of fruits: A case of mangoes and pineapples. *Heliyon*, 6(6).
- Montazerifar, F., Shourestani, S., Hosseini, R., Karajibani, M., Amanat, S., Sedaghat, G., & Fanaei, H. 2023. Effect of *Berberis vulgaris* fruit powder on visfatin and metabolic profiles in type 2 diabetes mellitus patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of Herbal Medicine*, 38: 100631.
- Naseri, M., Ramandi, A., & Tazehabadi, F. M. 2023. Effect of saffron corm aqueous extract on blood glucose level enzymes of liver tissue in streptozotocin-induced diabetic rats. *Saffron Agronomy and Technology*, 11(1); 87-97.
- Parolia, S., Maley, J., Sammynaiken, R., Green, R., Nickerson, M., & Ghosh, S. 2022. Structure-Functionality of lentil protein-polyphenol conjugates. *Food chemistry*, 367: 130603.
- Rajković, A., Smigic, N., Uzelac, G., Jaksic, S., Baltic, M. Z., & Santini, A. 2020. Microbial safety of dried fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6): 3627-3659.
- Ramandi, A., & Seifi, A. 2023b. Suppressive soil microbiota inhibits wilting diseases and enhance growth in sesame. *Rhizosphere*, 25: 100668.
- Rastogi, N. K., Raghavarao, T., & Balasubramaniam, V. M. 2018. Nonthermal technologies for food processing: An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(18): 3083-3098.
- Ren, F., Perussello, C.A., Zhang, Z., Gaffney, M.T., Kerry, J.P. and Tiwari, B.K. 2018. Effect of agronomic practices and drying techniques on nutritional and quality parameters of onions (*Allium cepa* L.). *Drying Technology*, 36(4): 435-447.
- Silva, F., Oliveira, S., & Gibbs, P. A. 2022. The microbiology of dried fruits: A

- meta-analysis. Food Microbiology, 106:104038.
- Vakili-Ghartavol M., Alizadeh-Salteh S.2016. Comparison between metabolites and antioxidant activity of saffron (*Crocus sativus* L.) from Kashmar and Marand regions. Saffron agronomy and technology, 4(3) :215-224
- Vakili-Ghartavol M., Arouiee H., G olmohammadzadeh S., Naseri M., Bandian L. 2024. Edible coatings based on solid lipid nanoparticles containing essential oil to improve antimicrobial activity, shelf-life, and quality of strawberries. Journal of Stored Products Research, 106: 102-262.
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M. 2012. Effect of air-drying temperature on physicochemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum* L.) powders. Food Chemistry, 132(4): 1847-1854.
- Vojodimehrabani, L., Valizadeh Kamran, R., & Hassanpouraghdam, M. B.2019. Evaluation of Some Phytochemical Characteristics of *Berberis integerrima* in Response to Nano-Zinc Foliar Application and Post-Harvest Drying Temperature. Plant Productions, 42(3): 345-358.
- Wang, J., Zhang, H., Mujumdar, A. S., Wang, Y., Zheng, Z., Gao, Z., & Xiao, H. 2021. Recent advances in infrared drying of food materials: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(18):3057-3075.

The effect of drying method on quality characteristics and microbial load of *Berberis integerrima*

Mohsen lakzaeyanteymoor¹, Farid Moradinezhad^{2*}, Mahboobeh Naseri³

- 1- Msc, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand .
2. Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran. (Corresponding author)
3. Assistant professor, Department of Plant Production, Faculty of agriculture, University of Torbat heydarieh, Iran

Received: Sunday 2025 Accepted: Wednesday 2025 - DOI: 10.22092/mpt.2025.357114.1184

Abstract

lakzaeyanteymoor, M., Moradinezhad, F., Naseri, M., , The effect of drying method on quality characteristics and microbial load of *Berberis integerrima*

Iranian Medicinal Plants and Technology, Vol 6, No. 2, 2023,24 19-20: 144-159(in Persian)

Abstract:

Berberis integerrima is one of the most important medicinal plants in South Khorasan. This study was conducted to evaluate the effect of different drying methods on biochemical and morphological traits of *Berberis integerrima* fruit based on a completely randomized design with 8 treatments including oven (at temperatures of 50, 70 and 90°C), microwave (at powers of 180 and 900 watts), heat lamp, infrared lamp and shade in 3 replications. The results showed that the effects of different drying methods on soluble sugar, proline, pH, anthocyanin, antioxidant, color, shrinkage, resorption, bacterial and fungal contamination, and total microbial load were significant at the 1% level, but they did not have a significant effect on polyphenol and flavonoid traits. The results showed the highest amount of soluble sugar (about 232.5 mg/g dry weight) and proline (about 8.4 mg/g dry weight) in infrared, shade, microwave with 180 watt power and heat lamp treatments. And the highest inhibition rate of DPPH free radicals was observed

with oven treatments with temperatures of 50, 70 and 90, microwave with powers of 180 and 900 and shade.

The highest amount of shrinkage was related to microwave treatment with powers of 180 and 900 watts, the highest amount of water reabsorption and the lowest amount of bacterial, fungal and total microbial contamination was related to microwave treatment with power of 900 watts. In the infrared lamp and heat lamp treatment, the amount of all these traits increased significantly, and the amount of tissue shrinkage and contamination was lower.

Keywords: Heat lamp, Microbial load, Seedless barberry, Microwave