Eco-phytochemical
Journal of Medicinal Plants
Print ISSN: 2322-3235
Online ISSN: 2783-4697
Islamic Azad University
Gorgan Branch
Iranian Society
of Medical Plants

Effect of different drying methods on antioxidant and phytochemical yield of *Allium hirtifolium* Boiss.

Maryam Poorgharib[1], Mahboobeh Zare Mehrjerdi[1*], Akbar Arabhosseini[2]
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran, Tehran, Iran, Email: mzarem@ut.ac.ir
[2] Department of Agrotechnology, Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.

Serial 40, 10th year, Number 4, Winter 2023 (27-43)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 2022/7/3
Revised: 2022/8/11
Accepted: 2022/8/20

Keywords
Allicin
Allium hirtifolium
Antioxidant
Drying
Secondary metabolites

Abstract

Allium hirtifolium Boiss. is a native plant of Iran and has medicinal uses due to its organosulfur compounds, in addition to consuming edible. The experiment was designed to investigate the effect of different drying methods on the quality of *Allium hirtifolium*. *Allium hirtifolium* slices were dried by using ten methods, which were sun and shade drying, soaking *Allium hirtifolium* in water for 24 hours and then sun drying (traditional method), oven drying (50, 60 and 70 °C), microwave drying (360, 540 and 720 W) and freeze-drying. The effect of different drying methods on antioxidant capacity (DPPH assay), total phenol content (Folin-Ciocalteu method), flavonoids (aluminum chloride colorimetric assay), allicin (4-mercaptopyridine method) and soluble and storage carbohydrates (anthrone method) as well as *Allium hirtifolium* color quality (image processing analysis) were investigated. The initial moisture content of the samples was 69.41% based on fresh weight. The highest antioxidant activity belonged to the extracts obtained by maceration of fresh samples followed by the shade-dried samples with methanol. The total phenolic content was found to be highest in the freeze-dried samples macerated with methanol. The greatest flavonoid content was observed in fresh samples followed by the freeze dried samples extracted by ultrasound. Shade- dried samples, next to fresh *Allium hirtifolium*, had the highest allicin. The maximum levels of soluble and storage carbohydrates were found in freeze-dried samples and microwave-dried samples at 720 W power, respectively. After the drying process, the lowest browning index was observed in freeze-dried samples. Among the drying methods, shade drying was introduced as the most suitable method to maintain the quality of *Allium hirtifolium* and it was found that the traditional method of drying *Allium hirtifolium* causes the loss of its bioactive compounds.

Please cite this article as: Poorgharib, M., Zare Mehrjerdi, M., Arabhosseini, A. (2023). Effect of different drying methods on antioxidant and phytochemical yield of *Allium hirtifolium* Boiss. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*. 10(4): 27-43.

© 2023. All Rights Reserved
DOI: 10.30495/ejmp.2022.1962364.1696
DOR: 20.1001.1.23223235.1401.10.4.2.2

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی
شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
انجمن گیاهان دارویی ایران ثبت ۱۸۹۶۳

بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر عملکرد آنتی‌اکسیدانی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی *Allium hirtifolium* Boiss.

مریم پورغریب[۱]، محبوبه زارع مهرجردی[۱*]، اکبر عرب حسینی[۲]

[۱]گروه باغبانی، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، رایانامه: mzarem@ut.ac.ir

[۲]گروه فنی کشاورزی، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

سال دهم، شماره ۴۰، زمستان ۱۴۰۱ / صفحات: ۴۳-۲۷

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۴/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۵/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۲۹

واژه‌های کلیدی:
آنتی اکسیدان
آلیسین
خشک‌کردن
متابولیت‌های ثانویه
موسیر
Allium hirtifolium Boiss.

چکیده

موسیر با نام علمی *Allium hirtifolium* Boiss. گیاهی بومی ایران بوده و به لحاظ دارا بودن ترکیبات گوگردی علاوه بر مصرف خوراکی، کاربرد دارویی دارد. به منظور بررسی تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر کیفیت موسیر آزمایشی طراحی شد. برش‌های موسیر، با ده روش مختلف شامل قرار گیری در سایه و آفتاب، خیساندن موسیر به مدت ۲۴ ساعت در آب و سپس قرارگیری در آفتاب (روش سنتی مورد استفاده)، استفاده از آون با دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد، استفاده از مایکروویو با توان ۳۶۰، ۵۴۰ و ۷۲۰ وات و استفاده از خشک‌کن انجمادی خشک شدند. تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (روش DPPH)، میزان فنول کل (روش فولین سیوکالتو)، فلاونوئید (روش آلومینیوم کلراید)، آلیسین (روش ۴-مرکاپتوپیریدین) و کربوهیدرات محلول و ذخیره ای (روش آنترون) و همچنین کیفیت رنگ (روش پردازش تصویر) موسیر بررسی شد. مقدار رطوبت اولیه نمونه‌ها ۶۹/۴۱ درصد بر پایه وزن تر بود. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به عصاره متانولی بدست آمده از خیساندن، نمونه تازه و سپس خشک شده در سایه تعلق داشت. بیشترین محتوی فنول کل متعلق به عصاره حاصل از خیساندن نمونه‌های خشک شده در خشک کن انجمادی بود. بیشترین میزان فلاونوئید نیز به عصاره حاصل شده به روش اولتراسونیک، نمونه تازه و سپس خشک کن انجمادی تعلق داشت. بعد از موسیر تازه بیشترین آلیسین در نمونه‌های خشک شده در سایه مشاهده شد. موسیر خشک شده در خشک کن انجمادی و مایکروویو با توان ۷۲۰ وات به ترتیب بیشترین کربوهیدرات محلول و ذخیره ای را داشتند. کمترین مقدار قهوه‌ای شدن در پی خشک شدن در نمونه خشک شده با خشک کن انجمادی مشاهده گردید. در بین روش‌های خشک کردن موسیر، سایه خشک مناسب ترین روش برای حفظ کیفیت موسیر معرفی شد و مشخص گردید که روش سنتی خشک کردن موسیر موجب از دست رفتن ترکیبات زیست فعال آن می‌گردد.

استناد: پورغریب، م.، زارع مهرجردی، م.، عرب حسینی، ا. (۱۴۰۱). بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر عملکرد آنتی‌اکسیدانی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی *Allium hirtifolium* Boiss. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۰ (۴)، ۴۳-۲۷.

DOI: 10.30495/ejmp.2022.1962364.1696
DOR: 20.1001.1.23223235.1401.10.4.2.2

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

موسیر با نام علمی *Allium hirtifolium* Boiss. گیاهی چند ساله از خانواده Alliaceae است. این گیاه بومی ایران بوده و در آذربایجان غربی، کردستان، کرمانشاه، همدان، لرستان، اصفهان، چهارمحال بختیاری، کهکیلویه و بویراحمد، فارس، اراک، نهاوند، یاسوج، بروجرد و خوانسار به صورت طبیعی می‌روید (Aleebrahim-Dehkordy et al., 2016). ترکیبات موجود در موسیر به دو گروه مواد فرار و غیر فرار تقسیم می‌شوند. مواد فرار همانند تیوسولفینات‌ها و سایر ترکیبات ارگانوسولفوره چون آلیسین[1]، برای این گیاه اثرات درمانی مختلفی مانند کاهش فشار خون، ویژگی‌های ضد باکتریایی، ضدویروسی، ضدمیکروبی، ضد قارچی، ضد سرطانی، ضد دیابت و آنتی اکسیدانی و پیشگیری و بهبود بیماری‌های قلبی عروقی و ریوی را به همراه می‌آورند (Salehi et al., 2019). مواد غیر فرار نیز شامل ساپونین‌ها، ساپوژنین‌ها، فنول‌ها و فلاونوئیدها، از جمله کوئرستین و کامفرول می‌باشند. موسیر سرشار از عناصر مس، روی و منگنز است. این گیاه مملو از ویتامین C، پتاسیم، فیبر، اسید فولیک، کلسیم و آهن است و می‌تواند منبع خوبی از پروتئین به حساب آید. اسید لینولنیک (امگا-۳) و اسید لینولئیک (امگا-۶) در موسیر بیشتر از پیاز بوده و بنابراین توده‌های این گیاه از نظر عناصر معدنی و محتوای اسیدهای چرب ضروری اهمیت دارند (Moradi et al., 2013). مطالعات نشان داده است که موسیر در بهبود زخم، محافظت از کبد و مهار رشد سلول‌های سرطانی در سرطان کبد، سرطان دهانه رحم، پستان و آدنوکارسینوما موثر است. این گیاه در درمان دیابت و تعدیل سیستم ایمنی اثر بخش بوده و عصاره آن می‌تواند سطح سرمی تری گلیسیرید و کلسترول و همچنین پلاک آترواسکلروتیک را کاهش دهد (Omidifar et al., 2020).

گیاهان دارویی علاوه بر مصرف به صورت تازه، اغلب به صورت خشک شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. رطوبت گیاهان برداشت شده به طور کلی بسیار بالا (حدود ۶۰-۸۰ درصد) است (Poós and Varju, 2017). خشک کردن با کاهش سریع رطوبت گیاه از فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی ناخواسته جلوگیری کرده و منجر به امکان حفظ طولانی مدت محصول می‌گردد (Branisa et al., 2017). ویژگی‌های کیفی مورد توجه برای گیاهان خشک شده به نوع استفاده آنها بستگی دارد. برای نمونه در کاربرد دارویی آنها محتوی ترکیبات زیست فعال اهمیت داشته و در مصارف خانگی و آشپزی، رنگ و رایحه آنها مورد توجه است (Thamkaew et al., 2021). روش‌های ترجیحی خشک‌کردن برای بیشتر گیاهان، آون و خشک کردن انجمادی است. اما انتخاب روش خشک کردن بستگی به نوع انتقال حرارت روی ساختار زیستی سطح گیاه و فراریت اجزای آن دارد. علاوه بر این، ترکیبات ضد میکروبی و دارویی به دلیل خواص منحصر به فرد خود نیاز به مطالعه متمرکز دارند (Nurhaslina et al., 2022).

در بسیاری از مناطق کشور سوخ موسیر به صورت خشک و ورقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدین صورت که در روش سنتی موسیر با برش سوخ‌های آن به ورقه‌های نازک، سپس قرار دادن آن‌ها به مدت یک روز در آب سرد و در نهایت در سایه و یا آفتاب خشک شده و نگهداری می‌شود. روش‌های خشک‌کردن سنتی با اینکه کمترین هزینه را دارد اما فضای وسیعی را جهت خشک‌کردن محصول نیاز داشته، زمان بر بوده و مشکلاتی چون کاهش کیفیت محصول، قرار گرفتن در معرض آلودگی‌های محیطی، تاثیر منفی تغییرات جوی، رشد قارچ‌ها و گسترش

1.Allicin

حشرات را همراه دارند (Oztekin and Martinov, 2014). برای غلبه بر مشکلات خشک‌کردن طبیعی از خشک کردن همرفتی که یک روش مرسوم مبتنی بر تبخیر رطوبت با تیمار حرارتی برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها است استفاده می‌شود (Savas, 2022). خشک‌کردن با آون یکی از رایج‌ترین روش‌های خشک‌کردن گیاهان است که برای خشک‌کردن میوه‌ها و سبزیجات در حجم کم استفاده می‌شود (Oztekin and Martinov, 2014). خشک‌کردن با مایکروویو ضمن افزایش سرعت خشک‌کردن سبب حفظ بهتر مواد موثره می‌شود. این روش مصرف انرژی کمتری داشته و کنترل آن به سادگی امکان پذیر است (Liu et al., 2021). خشک کن انجمادی روشی ترجیحی برای خشک کردن محصولات حساس به حرارت و مستعد اکسیداسیون است چون این روش در دماهای پایین و تحت خلاء صورت می‌پذیرد (Bhatta et al., 2020). هر یک از این روش‌های خشک کردن سنتی و صنعتی دارای مزایا و معایبی می‌باشد و یافتن بهترین روش جهت خشک کردن هر محصول با حفظ ویژگی‌های کیفی آن از ضروریات است.

موسیر به دلیل بالا بودن درصد ماده خشک سوخ آن و کاربردهای خوراکی، ادویه‌ای و دارویی از لحاظ اقتصادی مورد توجه است. یافتن بهترین روش خشک کردن برای دستیابی به بهترین کیفیت موسیر اهمیت دارد که در این تحقیق مورد توجه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: سوخ‌های موسیر مورد استفاده در این مطالعه از بازار محلی روستایی از توابع مرکزی همدان به نام سولان در سال ۱۳۹۹ تهیه شد. از سوخ‌های با اندازه متوسط (محدوده وزنی ۳۰-۳۵ گرم)، یکدست و سالم برای آزمایش استفاده گردید.

خشک کردن موسیر: برای تعیین رطوبت اولیه سوخ‌های موسیر از نمونه مورد نظر سه تکرار با وزن ۵۰ گرم توزین شد و سپس نمونه‌ها در دمای ۱۰۳درجه سانتی گراد به مدت ۲٤ ساعت درون آون قرار داده شدند. بعد از ۲٤ ساعت نمونه‌ها مجدد توزین شدند. در نهایت رطوبت محصول بر پایه وزن تر محاسبه شد (رابطه ۱) (Argyropoulos and Müller, 2014).

$$M_{w.b} = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن $M_{w.b}$: محتوای رطوبتی ماده گیاهی بر پایه وزن تر (٪)، W_w: وزن اولیه ماده گیاهی قبل از خشک‌شدن (g) و W_d: وزن اولیه ماده گیاهی پس از ۲٤ ساعت خشک‌شدن در دمای ۱۰۳ درجه سانتی گراد (g) بودند.

خشک‌کردن موسیر با استفاده از روش‌های مختلف تا زمانی که وزن خشک آن‌ها به محتوای رطوبتی ۱۰ درصد رسید، انجام پذیرفت (Oztekin and Martinov, 2014). سوخ‌های موسیر به روش‌های طبیعی سایه خشک، آفتاب خشک و خیساندن موسیر در آب به مدت ۲٤ ساعت و سپس آفتاب خشک (روش سنتی رایج) و نیز روش‌های آون (دماهای ۵۰، ٦۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد)، مایکروویو (توان ۳٦۰، ۵٤۰ و ۷۲۰ وات) و خشک‌کن انجمادی (دمای ٤۰- درجه سانتی گراد و فشار ۰/۰٤ میلی بار) خشک شدند. پیش از خشک کردن، سوخ‌ها پوست گیری شده و از طول به قطعاتی با ضخامت حدود سه میلیمتر برش خورند. پس از خشک شدن نیز از لحاظ کیفی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: برای اندازه گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از روش‌های مختلف عصاره گیری با حلال‌های متفاوت استفاده شد. روش‌های عصاره گیری شامل خیساندن (به مدت ۲٤ ساعت روی شیکر انکوباتور با دمای ۱۵ درجه و سرعت ۲۰۰

دور در دقیقه) و استفاده از اولتراسونیک (به مدت ۲۰ دقیقه، بسامد ۰/۵±۲۰کیلوهرتز) بودند و از حلال‌های متانول ۸۰ درصد و آب برای عصاره گیری استفاده شد. از نسبت نمونه به حلال ۱ به ۱۰ برای عصاره گیری استفاده شد و برای جداسازی عصاره نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در g ۱۲۰۰۰ سانتریفیوژ شدند و محلول رویی برای ارزیابی ظرفیت آنتی اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت. جهت تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از روش چن و همکاران (Chen et al., 2013) استفاده شد. برای این منظور به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده ۹۰۰ میکرولیتر آب مقطر اضافه شده، سپس ۱ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ میلی مولار DPPH اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای ۲٤ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH نمونه‌ها از طریق رابطه ۲ محاسبه گردید (Chen et al., 2013).

رابطه(۲)

$$\text{درصد مهارکنندگی} = (1 - \frac{\text{جذب نمونه}}{\text{جذب کنترل}}) \times 100$$

ارزیابی فنول کل: برای اندازه گیری فنول کل از عصاره‌های متانولی بدست آمده برای تعیین ظرفیت آنتی اکسیدانی از هر دو روش استخراج خیساندن و اولتراسونیک استفاده شد. فنول کل با استفاده از معرف فولین سیو کالتو ارزیابی شد. به این منظور ۵۰۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده با ٤۵۰۰ میکرولیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر محلول فولین مخلوط شده و پس از ۲ دقیقه ۱میلی لیتر کربنات سدیم (Na_2CO_3) ۲۰ درصد به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در تاریکی قرار گرفتند و سپس جذب نمونه‌ها در ۷٦۵ نانومتر قرائت شد. از غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ٤۰۰، ۵۰۰ و ٦۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر گالیک اسید برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد (Chen et al., 2013).

ارزیابی فلاونوئید: از عصاره‌های استفاده شده در ارزیابی فنول کل برای اندازه گیری فلاونوئید نیز استفاده شد. تعیین مقادیر فلاونوئید با روش رنگ‌سنجی آلومینیوم انجام پذیرفت (Ren et al., 2017). به این منظور ۱۰۰۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده با ٤۰۰ میکرولیتر اتانول ۹٦ درصد، ۱٦۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد، ۱٦۰ میکرولیتر پتاسیم استات و ۷٤۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط شده و به مدت ٤۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. سپس جذب نمونه در طول موج ٤۱۵ نانومتر خوانده شد. از غلظت‌های مختلف کوئرستین برای رسم منحنی استاندارد استفاده گردید.

اندازه‌گیری آلیسین: میزان آلیسین از روش ٤-مرکاپتوپیریدین ارزیابی شد (Miron et al., 2002). بدین منظور ۰/۵ گرم از پودر موسیر به همراه ۱۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شده و به مدت ۳۰ دقیقه بر روی شیکر در دمای اتاق قرار گرفت. سپس ۳۰ دقیقه در g ٦۰۰۰ سانتریفیوژ شد و محلول رویی جدا گردید. در مرحله بعد ۱۵۰۰ میکرولیتر از عصاره به ۷۵۰ میکرولیتر محلول ٤-مرکاپتوپیریدین (Na_3Po_4 50 mM، EDTA 2 mM، 4- MP 0.2 m) اضافه شد. سپس جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۲٤ نانومتر تا ۱۵ دقیقه در فواصل ۵ دقیقه‌ای خوانده شد. کاهش جذب (ΔA) بررسی و سپس غلظت آلیسین بر اساس رابطه ۳ محاسبه گردید.

رابطه (۳):

$$C = \frac{d\Delta A}{\varepsilon}$$

که در آن C غلظت آلیسین (mol/L)، d فاکتور رقیق‌سازی و ε ضریب خاموشی ($۱۹/۸۰۰ M^{-1}cm^{-1}$) است. سپس غلظت آلیسین در موسیر به صورت میلی‌گرم بر گرم نمونه خشک محاسبه شد.

اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول: جهت اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول ابتدا ۰/۵ گرم پودر موسیر با ۵ میلی لیتر اتانول ۹۶ درصد مخلوط شد و به مدت ۲٤ ساعت بر روی شیکر انکوباتور در دمای ٤ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از سانتریفیوژ (۲۰ دقیقه با دور g ۱۲۰۰۰) محلول رویی جدا شده و بر روی رسوبات باقی مانده ۵ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد ریخته شد و به مدت ۱ ساعت بر روی شیکر انکوباتور در دمای ٤ درجه سانتی گراد قرار گرفت. محلول رویی پس از سانتریفیوژ مجدد با محلول قبلی مخلوط شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره گیاهی حاصل با ۳ میلی‌لیتر آنترون (۱۵۰ میلی‌گرم پودر آنترون در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) مخلوط شد. نمونه‌ها به مدت ده دقیقه در داخل بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در نهایت میزان جذب نمونه‌ها پس از قرار گیری در آب یخ و سرد شدن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در ٦۲۵ نانومتر به دست آمد. برای رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر گلوکز استفاده شد (Irigoyen et al., 1992).

اندازه‌گیری کربوهیدرات ذخیره‌ای: از رسوباتی که از بخش قبل باقی مانده بودند برای اندازه گیری کربوهیدرات ذخیره‌ای استفاده شد. ابتدا مقدار ۱/۲۵میلی‌لیتر آب مقطر به رسوبات کاملاً خشک‌شده اضافه شد، سپس ۱/۷۵ میلی‌لیتر اسید پر کلریک ۵۲ درصد به آن اضافه شد. پس از پانزده دقیقه با سانتریفیوژ (به‌مدت ۱۰ دقیقه در g ۵۰۰۰) محلول رویی برداشته شده و تمام مراحل بر روی رسوبات باقیمانده مجدد تکرار گردید و محلول رویی به محلول قبل اضافه شد. پس از انجام این مراحل نمونه‌ها ۳۰ دقیقه درون یخ قرار داده شدند. سپس با کاغذ صافی صاف شده و در نهایت به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شدند. سپس ٦۲۰ میکرولیتر از عصاره با ۲/۵ میلی‌لیتر محلول ۲ در هزار آنترون در اسید سولفوریک ۹۸٪ مخلوط شده، به مدت ۸ دقیقه در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بلافاصله پس از آن درون یخ جای گرفتند. در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ٦۳۰ نانومتر قرائت شد (McCready et al., 1950).

ارزیابی کیفیت ظاهری: برای تصویربرداری از نمونه‌های خشک‌شده موسیر از دوربین ۱۹۲۰×۱۰۸۰ پیکسل استفاده شد. برای نور پردازی از ٤ عدد لامپ کم مصرف فلورسنت با توان ۲۳ وات استفاده شد. زاویه نورپردازی قبل از عکسبرداری به گونه‌ای تنظیم شد که کمترین میزان سایه اندازی روی محصول ایجاد شد. در ادامه پس از انتقال تصاویر به رایانه، با استفاده از نرم افزار فتوشاپ نسخه CS3 پردازش تصویر صورت گرفت. در این سیستم مولفه a^* نشان‌دهنده قرمز و سبز بودن (a+ میزان قرمز بودن و a- میزان سبز بودن)، مولفه b^* نشان‌دهنده میزان زرد و آبی بودن (b+ میزان زرد بودن و b- میزان آبی بودن) و مولفه L^* نشان‌دهنده میزان روشنی نمونه (برای رنگ سیاه صفر و برای رنگ سفید ۱۰۰) می‌باشد. BI شاخص قهوه‌ای شدن است که با استفاده از روابط ٤-۵ به دست می آید (Oliveira et al., 2015).

$$Browning\ index = \frac{100(x-0.31)}{0.17} \quad \text{(رابطه ٤)}$$

$$x = \frac{a^*+1.75L^*}{5.645L^*+a^*-3.012b^*} \quad \text{(رابطه ۵)}$$

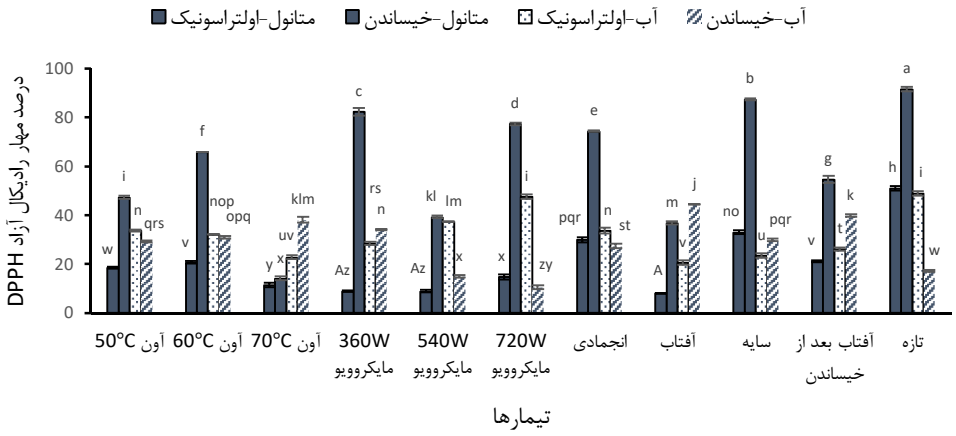
آنالیز داده‌ها: جهت آنالیز داده‌ها و رسم نمودار به‌ترتیب از نرم‌افزار SAS و Excel استفاده شد. برای ارزیابی تاثیر روش خشک کردن بر کربوهیدرات محلول و ذخیره ای، آلیسین و کیفیت ظاهری نمونه‌ها از طرح کاملا تصادفی با سه تکرار استفاده شد. تاثیر روش خشک کردن، روش عصاره گیری و نوع حلال بر ظرفیت آنتی اکسیدانی و همچنین تاثیر روش خشک کردن و روش عصاره گیری بر فنول کل و

فلاونوئید به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن و در سطح اطمینان پنج درصد انجام پذیرفت.

نتایج

نتایج این مطالعه نشان داد که بر اساس رابطه (۱) مقدار رطوبت اولیه موسیرها ۶۹/۴۱ درصد بر پایه وزن تر بود. خشک کردن نمونه‌ها تا زمانی که وزن آنها به محتوی رطوبتی ۱۰ درصد برسد ادامه یافت و سپس ویژگی‌های کیفی محصول در پی خشک کردن با روش‌های مختلف ارزیابی شد.

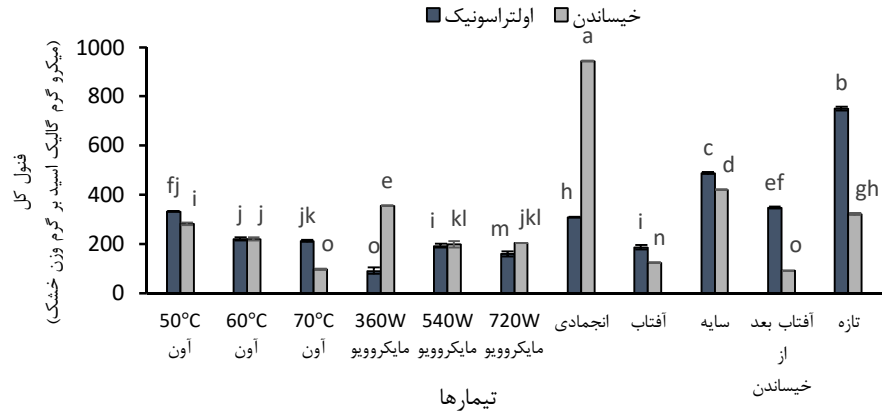
تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به عصاره متانولی بدست آمده از خیساندن نمونه تازه تعلق داشت و کمترین فعالیت (حدود ۹۰ درصد کمتر از نمونه تازه) در عصاره متانولی حاصل از اولتراسونیک نمونه‌های خشک شده در مایکروویو با توان‌های ۳۶۰ و ۵۴۰ و همچنین آفتاب مشاهده شد. بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های خشک شده در اغلب روش‌های خشک کردن به عصاره متانولی حاصل از خیساندن آنها تعلق داشت و کمترین مقدار متعلق به عصاره متانولی حاصل از اولتراسونیک بود. در اغلب موارد عصاره آبی حاصل از اولتراسونیک نمونه‌ها فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری از عصاره متانولی حاصل از همین روش داشت. اما در روش خیساندن فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره متانولی بیشتر از آبی بود. بعد از نمونه تازه بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی به‌ترتیب در عصاره متانولی حاصل از خیساندن نمونه‌های خشک شده در سایه و مایکروویو ۳۶۰ بدست آمد (شکل ۱).



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های مختلف خشک کردن، نوع حلال و روش عصاره گیری بر فعالیت آنتی اکسیدانی موسیر. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد.

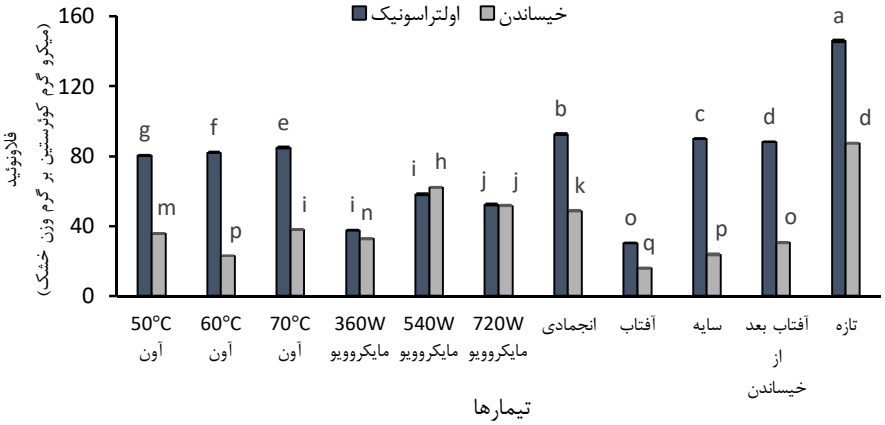
اندازه‌گیری محتوای فنول و فلاونوئید: بیشترین محتوی فنول کل (شکل۲) متعلق به عصاره حاصل از روش خیساندن نمونه‌های خشک شده در خشک کن انجمادی بود (۶۵ درصد بیشتر از نمونه تازه) و کمترین مقدار در عصاره حاصل از روش خیساندن نمونه‌های خشک شده در آفتاب پس از خیساندن و نیز آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد، و نیز عصاره حاصل از روش اولتراسونیک نمونه‌های خشک شده در مایکروویو ۳۶۰ وات یافت شد. در روش عصاره‌گیری اولتراسونیک نمونه تازه بیشترین محتوی فنولی را

داشت و بعد از آن نمونه خشک شده در سایه قرار گرفت. با افزایش دمای آون محتوی ترکیبات فنولی کاهش یافت. در روش عصاره گیری اولتراسونیک محتوی فنولی عصاره در آون بیشتر از مایکروویو بود. گیاهان خشک شده در سایه محتوی فنولی بیشتری از گیاهان خشک شده در آفتاب داشتند. تنها در روش‌های خشک کردن موسیر با خشک کن انجمادی و نیز مایکروویو ۳۶۰ و ۷۲۰ وات محتوی فنول عصاره حاصل از روش خیساندن بیشتر از اولتراسونیک بود (شکل۲).



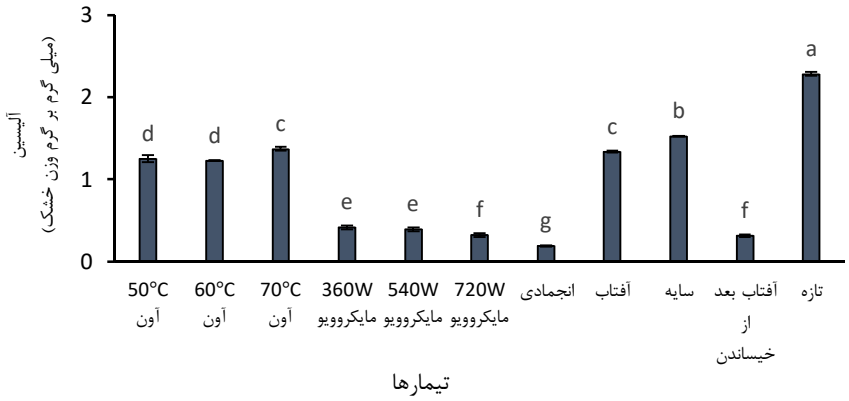
شکل ۲:۱ مقایسه میانگین تاثیر روش‌های مختلف خشک کردن و عصاره گیری بر محتوای فنول موسیر.
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد.

بر اساس نتایج بیشترین میزان فلاونوئید متعلق به نمونه تازه عصاره گیری شده به روش اولتراسونیک بود و کمترین میزان در نمونه خشک شده در آفتاب و عصاره‌گیری شده به روش خیساندن مشاهده گردید. در اغلب تیمارها میزان فلاونوئید در عصاره حاصل از روش اولتراسونیک بیشتر از روش خیساندن بود. در هر دو روش عصاره‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی در نمونه‌های خشک شده در سایه بیشتر از آفتاب بود. در روش عصاره گیری اولتراسونیک محتوی فلاونوئیدی عصاره در آون بیشتر از مایکروویو بود. خشک کردن باعث کاهش محتوی فلاونوئیدی شد (شکل ۳).



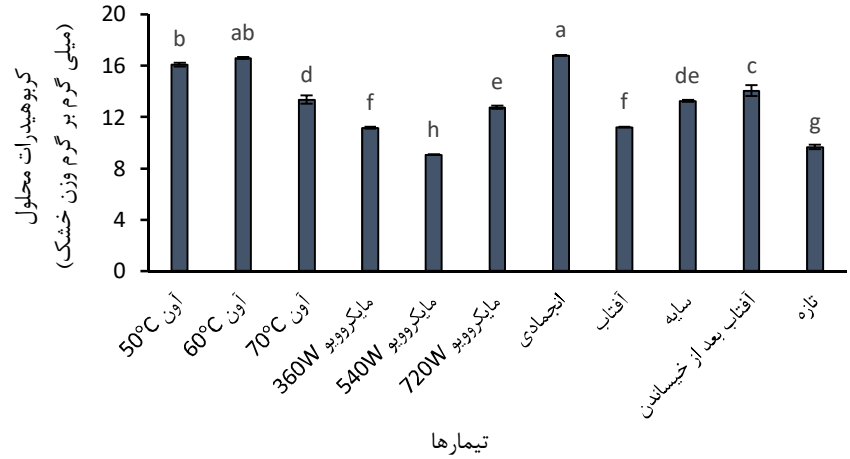
شکل ۳: مقایسه میانگین تاثیر روش‌های مختلف خشک کردن و عصاره گیری بر محتوای فلاونوئید.
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد.

ارزیابی آلیسین: بیشترین محتوای آلیسین در برش‌های موسیر تازه و سپس خشک شده با سایه (۵۰ درصد کمتر از نمونه تازه) یافت شد. کمترین میزان آلیسین متعلق به نمونه‌های خشک شده به روش خشک کن انجمادی بود. خشک کردن منجر به کاهش میزان آلیسین گردید. افزایش توان مایکروویو نیز محتوی آلیسین را کاهش داد. آلیسین در نمونه‌های خشک شده با آون بیشتر از مایکروویو بود. خیساندن نمونه‌ها پیش از خشک کردن در آفتاب منجر به کاهش ۸۶ و ۷۶ درصدی آلیسین به ترتیب نسبت به نمونه تازه و یا خشک شده در آفتاب بدون خیساندن شد (شکل ٤).



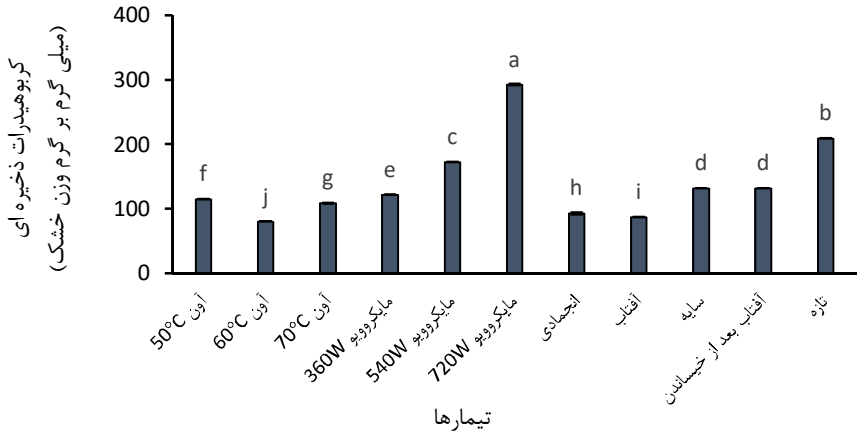
شکل ٤: مقایسه میانگین تاثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر محتوای آلیسین.
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد.

اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول و ذخیره‌ای: بیشترین کربوهیدرات محلول مربوط به نمونه خشک شده با خشک کن انجمادی (٤٢ درصد بیشتر از نمونه تازه) و آون ٦٠ درجه سانتی‌گراد بود و کمترین محتوای در خشک کردن موسیر در مایکروویو ٥٤٠ وات مشاهده شد. کربوهیدرات محلول در نمونه‌های خشک شده با آون بیشتر از مایکروویو بود. نمونه‌های خشک شده در سایه و یا آفتابی که پیش از خشک کردن در آب خیسانده شده بودند کربوهیدرات محلول بیشتری از نمونه‌های خشک شده در آفتاب داشتند. در اغلب موارد خشک کردن باعث افزایش کربوهیدرات محلول گردید (شکل ۵).



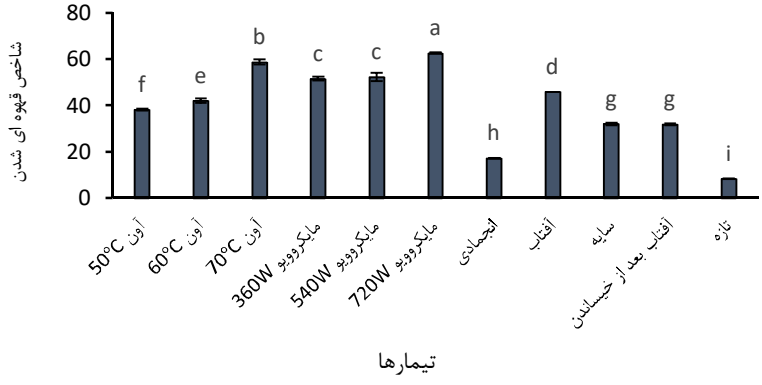
شکل ۵: مقایسه میانگین تاثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر محتوای کربوهیدرات محلول.
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد.

بیشترین محتوای کربوهیدرات ذخیره‌ای موسیر در برش‌های موسیر خشک شده با مایکروویو ۷۲۰ وات و بعد از آن نمونه تازه یافت شد و کمترین میزان به آون ۶۰ درجه سانتی گراد تعلق داشت. همانند کربوهیدرات محلول نمونه‌های خشک شده در سایه و یا آفتابی که پیش از خشک کردن در آب خیسانده شده بودند کربوهیدرات ذخیره ای بیشتری از نمونه‌های خشک شده در آفتاب داشتند. افزایش توان مایکروویو منجر به افزایش کربوهیدرات ذخیره‌ای گردید. این کربوهیدرات در نمونه‌های خشک شده با مایکروویو بیشتر از آون بود. در اغلب موارد خشک کردن باعث کاهش کربوهیدرات ذخیره ای شد (شکل ٦).



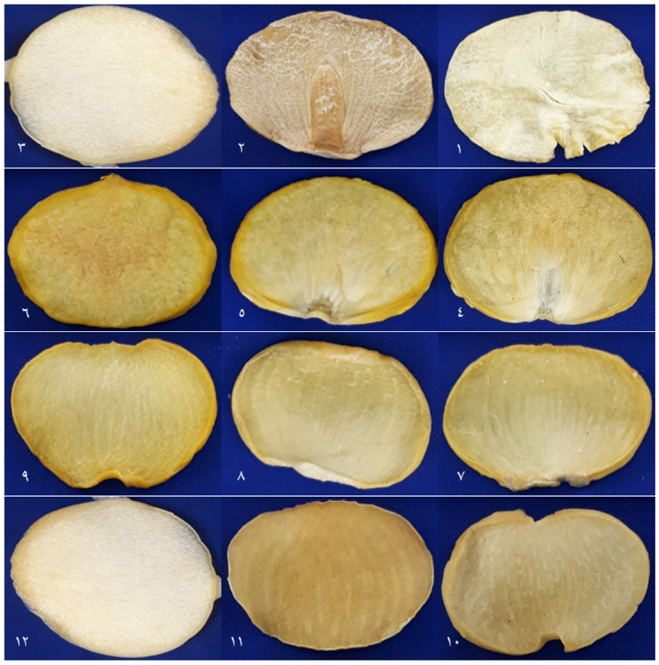
شکل ٦: مقایسه میانگین تاثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر محتوای کربوهیدرات ذخیره ای.
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد.

بررسی کیفیت رنگ موسیر تحت تیمار روش خشک‌کردن: نتایج مقایسه میانگین تاثیر روش‌های خشک‌کردن بر شاخص قهوه‌ای شدن نشان داد که بیشترین میزان این شاخص به نمونه‌های خشک شده در مایکروویو ۷۲۰ وات و آون ۷۰ درجه سانتی گراد تعلق داشت و تیمار خشک‌کن انجمادی کم‌ترین مقدار قهوه‌ای شدن را نسبت به نمونه تازه نشان داد. افزایش دمای آون و توان مایکروویو میزان قهوه‌ای شدن را افزایش داد. نمونه‌های خشک شده در آفتاب بیشتر از نمونه‌های خشک شده در سایه قهوه ای شدند. خشک کردن باعث افزایش میزان قهوه‌ای شدن موسیر گردید (شکل ۷-۸).



شکل .Error! No text of specified style in document**۷:** نمودار مقایسه میانگین تاثیر روش‌های خشک کردن بر شاخص قهوه‌ای شدن موسیر.

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد.



شکل ۸: برش‌های موسیر خشک شده به روش‌های مختلف (۱- انجمادی، ۲- خشک کردن در آفتاب پس از ۲٤ ساعت خیساندن، ۳- تازه، ٤- مایکروویو ۳٦۰ وات، ٥- مایکروویو ٥٤۰ وات، ٦- مایکروویو ۷۲۰ وات، ۷- آون ٥۰ درجه سانتی‌گراد، ۸- آون ٦۰ درجه سانتی‌گراد، ۹- آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰- سایه، ۱۱- آفتاب، ۱۲- تازه)

بحث

اغلب گیاهان دارویی در طول سال در دسترس نیستند و باید به درستی حفظ و نگهداری شوند. از خشک کردن، انجماد و کنسرو کردن می‌توان برای نگهداری گیاهان دارویی برای مدت طولانی استفاده کرد. میانگین از دست دادن مواد مغذی در فرآیندهایی مانند کنسرو کردن ٦۰-۸۰ درصد، انجماد ٤۰-٦۰ درصد و خشک کردن صنعتی ٥-۱٥ درصد است. از آنجایی که کیفیت گیاهان دارویی می‌تواند تحت تأثیر گرما و رطوبت باشد، خشک کردن آنها کار دشواری است. برای حفظ خواص اولیه ترکیبات و محافظت در برابر فعالیت میکروبی، گیاهان دارویی باید بلافاصله پس از جمع آوری خشک شوند (Rao and Murugan, 2021). از نظر علمی خشک‌کردن اساساً به عنوان کاهش رطوبت گیاه تعریف می‌شود. آب جزء قابل توجهی از مواد بیولوژیکی است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گیاهان معطر و دارویی با توجه به میزان رطوبت آنها تعیین می‌شود (Poós and Varju, 2017). رطوبت گیاهان برداشت شده با توجه به گونه گیاهی و قسمت برداشت شده متفاوت است اما با این حال مقدار رطوبت در بسیاری از موارد بسیار زیاد است (٦۰ تا ۸۰ درصد). اگر میزان رطوبت به طور قابل توجهی کاهش نیابد فرآیندهای بیولوژیکی مضر را ممکن می‌کند که همین امر می‌تواند کمیت و کیفیت گیاه را به شدت کاهش دهد. برای گونه‌های مختلف گیاه دارویی حداکثر مقدار رطوبت نهایی در فارماکوپه‌های مختلف در سراسر جهان ذکر شده است. برای بخش زیادی از گیاهان دارویی رطوبت نهایی بین ۸ تا ۱۲ درصد است که برای حفظ محصول پس از خشک شدن کافی است (Li et al., 2011).

در حـــــــــال حاضر روش‌های مختلفی برای خشک‌کردن گیاهان وجود دارد کـه از جملـه‌ی آن‌هـا می‌توان به روش‌های سـایه خشـک، آفتـاب خشـک، استفاده از خشک کـن هـوای گـرم (آون)، اسـتفاده از خشک‌کن مایکروویو و خشک‌کن انجمادی اشاره کرد، که هر کـدام دارای مزایـا و معایـب مختلفـی هسـتند (Calín-Sánchez et al., 2020). خشک کردن در آفتاب و یا سایه از قدیمی‌ترین روش‌های خشک کردن هستند و به دلیل هزینه کم آنها، به طور گسترده برای خشـک کردن محصولات کشاورزی و گیاهـان دارویـی مـورد استفاده قرار می‌گیرند. با وجودی که خشک کـردن در سایه زمان بر تر هست اما کیفیت محصول خشک شده در ایـن روش بیشـتر از آفتـاب خشـک مـی‌باشـد (Niemiec and Trzepieciński, 2018). به‌طورکلی در روش خشک‌کردن طبیعی نیاز به فضـای کـافی بـرای گسترانیدن موادگیاهی داشـته و محصـول در معـرض آلودگی هوا و گرد و غبار مـی‌باشـد. همچنـین امکـان انتقال آلودگی توسط حشرات نیز وجود دارد. مناطقی که هـوای مرطـوب دارنـد یـا دارای رطوبـت بالـایی می‌باشند، برای خشک‌کردن به صورت طبیعی مناسب نیستند. روش‌های صنعتی خشک‌کردن توسط یک سری دستگاه‌ها و وسایل ویژه و انواع خشک‌کن‌ها در صنعت انجام می‌گیرد و محصول به دست آمده در ایـن روش اغلب نسبت به خشک کردن به روش طبیعـی کیفیـت بهتـری دارد (Orphanides et al., 2016). از مزایـای خشک کردن صنعتی می‌توان به کاهش ضایعات، کنترل دمای فرآیند، حفاظـت از محصـول در مقابـل عوامـل نامساعدسازی جوی، سرعت بالاتر خشک‌کردن، رعایت راحت‌تر و بهتر اصول بهداشتی، کنترل آسان‌تر فرآیند، حفاظت از محصول در برابر حمله حشرات و پرندگان و نیاز به فضای کمتر اشـاره کـرد (Poós and Varju, 2017). با توجـه بـه اهمیـت موسـیر و نقـش فرآینـد خشک‌کردن در کیفیت آن، معرفی روشی مناسب برای خشک کردن موسیر، می‌تواند در حفظ خواص دارویی و بازارپسندی آن نقش بسزایی داشته باشد.

مطالعات گوناگون نشان می‌دهنـد کـه روش‌هـای مختلـف خشـک کـردن گیـاه مـی‌توانـد فعالیـت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه را تغییر دهـد (Ren et al., 2018; Li et al., 2011; Bhatt et al., 2019). ترکیبات آنتی‌اکسیدان به عنوان پارامترهای کلیدی در جلوگیری از استرس اکسیداتیو مسئول بیماری‌های مزمن شناخته می‌شوند. بنابراین، فعالیت آنتـی‌اکسـیدانی (عمـدتا در نتیجه حضور ویتامین‌ها و پلی فنول‌هـا) یـک پـارامتر کیفیت ضروری را تشکیل می‌دهد که اغلـب در مـواد غذایی ارزیـابی مـی‌شـود. در آلیـوم‌هـا فعالیـت آنتـی اکسیدانی به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته و گزارش شده‌است (Kurnia et al., 2021). در مطالعـه حاضر موسیر تـازه ظرفیـت آنتـی اکسـیدانی بالـاتری نسبت بـه نمونـه‌های خشـک داشـت. توانـایی آنتـی اکسیدانی آلیوم‌ها به گروه‌هـای فنـولی، فلاونوئیـدها و ترکیبات گوگردی چون آلیسین نسـبت داده مـی‌شـود (Kurnia et al., 2021; Sasi et al., 2021). مطالعـات نشان داده که دماهـای بالـا سـبب تخریـب آلیسـین و ترکیبات فنـولی مـی‌شـود (Leontiev et al., 2018; Ren et al., 2018) بنـابراین کـاهش ظرفیـت آنتـی اکسیدانی در پی خشک کردن قابـل انتظـار اسـت. در مطالعه انجام شده روی تره فرنگـی مشـاهده شـد کـه دمای خشک شدن بالاتر منجـر بـه تخریـب ترکیبـات فنلی و کاهش خواص آنتی اکسیدانی سـاقه تـره مـی شود (Biernacka et al., 2021). بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های خشک شده در اغلب روش‌هـای خشک کردن به عصاره متـانولی حاصـل از خیسـاندن آنهـا تعلـق داشـت. تفـاوت در میـزان فعالیـت آنتـی اکسیدانی عصاره‌های حاصل از روش‌های مختلف بـه قطبیت حلال و کارایی روش اسـتخراج بسـتگی دارد.

روش خیساندن روشی سنتی برای عصاره گیری از پیاز می باشد (González-de-Peredo et al., 2021). فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره نمونه خشک شده در آون با افزایش دمای آون کاهش یافت که با نتایج Kamran و همکاران مطابقت داشت (Kamran et al., 2015).

حفظ محتوای فنولی موسیر در پی خشک کردن مساله مهمی است چون ترکیبات فنولی نقش مهمی در سلامتی انسان دارند. کاهش ترکیبات فنولی پس از انجام فرآیند خشک کردن، ممکن است به دلیل تغییرات در ساختار شیمیایی پلی فنول‌ها باشد که منجر به تولید ترکیباتی می شود که نمی توانند استخراج شوند و با روش‌های موجود اندازه گیری شود (Oliveira et al., 2015). این پژوهش نشان داد که خشک کردن موسیر در نور آفتاب تاثیر منفی بر ترکیبات فنلی و محتوای فلاونوئید داشت. در پژوهش‌های‌گوناگون گزارش شده است، استفاده از روش‌های گرمایی در خشک‌کردن مانند ماکروویو، آون و نورخورشید سبب کاهش ترکیبات فنولی در اندام‌های گیاه می‌شود (Ren et al., 2018). موسیر از لحاظ میزان فلاونوئید نیز مورد توجه است که در این مطالعه فلاونوئید نیز با خشک کردن کاهش یافت. مخلوط متانول با آب (متانول ۸۰ درصد) به طور گسترده ای برای استخراج ترکیبات فنولی استفاده می شود (Strati et al., 2018). به همین دلیل عصاره متانولی برای ارزیابی فنول و فلاونوئید مورد توجه قرار گرفت. در اغلب تیمارها میزان فنول کل و فلاونوئید در عصاره حاصل از روش اولتراسونیک بیشتر از خیساندن بود. نتایج مشابهی در پیاز نیز گزارش شده است (Razavi and Kenari, 2016)

مهم‌ترین ماده موثره موسیر آلیسین است که یک ترکیب طبیعی سولفوری به شمار می‌رود و از اثر آنزیم آلیناز بر روی سیستئین سولفوکسید آلین ایجاد می‌شود. این ترکیب برای سیستم قلبی عروقی و کاهش یا مهار سرطان مفید بوده و دارای خواص ضد میکروبی است (Ludlow et al., 2021). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که دما و حذف رطوبت موسیر نقش بسزایی در ماندگاری ترکیبات شیمیایی موسیر به ویژه آلیسین دارند (Abano et al., 2011). خشک کردن موسیر به روش سنتی با برش سوخ‌های آن به صورت ورقه‌ای، سپس قرار دادن آنها به مدت یک روز در آب سرد و در نهایت خشک‌کردن در سایه و یا آفتاب انجام می‌پذیرد. این روش خشک کردن موجب از بین رفتن بخشی از متابولیت‌های ثانویه حلال در آب شده، زمان‌بر بوده و بر کیفیت محصول تاثیرگذار است. در این مطالعه مشخص شد که با این کار بخش زیادی از آلیسین از دست می رود و ارزش کیفی موسیر کاهش می‌یابد. در کل خشک کردن باعث کاهش میزان آلیسین می‌شود. اگر هدف دستیابی به سطح بالای آلیسین است موسیر به صورت تازه و در صورت ضرورت سایه خشک باید مورد استفاده قرار گیرد. تغییر در ترکیبات گوگردی در پی خشک کردن سیر پیش از این گزارش شده است (Condurso et al., 2019). آلیسین به حرارت حساس است و بنابراین با افزایش دما میزان آن کاهش می‌یابد (Leontiev et al., 2018). در تیمار مایکروویو کاهش آلیسین در محصول خشک شده را می توان به گرمای تولید شده و تا حدی غیرفعال شدن آنزیم آلیناز نسبت داد، که با نتایج Rao و همکاران مطابقت داشت (Rao et al., 2007). کمترین میزان آلیسین در موسیر خشک شده به روش انجمادی بدست آمد که می تواند به علت فروپاشی و تخریب آنزیم آلیناز در دمای پایین باشد (Zhang et al., 2021).

در اغلب موارد خشک کردن باعث افزایش کربوهیدرات محلول و کاهش کربوهیدرات ذخیره ای

گردید. خشک کردن رنگ موسیر را نیز متمایل به قهوه ای کرد. رنگ به عنوان یک ویژگی فیزیکی اساسی در گیاهان دارویی و محصولات کشاورزی به شمار می‌رود. این پارامتر با خواص فیزیکی، شیمیایی و شاخص‌های حسی ارتباط مستقیمی دارد و تغییر آن می‌تواند سایر مولفه‌های کیفی را نیز تحت‌تاثیر قرار دهد. در حال حاضر سیستم رنگ CIELAB بیشترین استفاده را در رنگ سنجی دارد که در آن توضیحات رنگ بر اساس سه پارامتر L^* ، a^* و b^* است (de Almeida Rios et al., 2020). قهوه ای شدن در اثر واکنش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی رخ می دهد. واکنش غیر آنزیمی مایلارد واکنشی بین اسیدهای آمینه و قندهای احیا کننده است که منجر به رنگ قهوه ای می شود و رطوبت مانع انجام این واکنش است. بنابراین با کاهش رطوبت در اثر فرایند خشک کردن و نیز دما این واکنش تسریع می شود (Sunanta et al., 2021). دما باعث تجزیه پلی ساکاریدهای دیواره سلولی می شود. میزان قند محلول در پی خشک شدن به میزان تجزیه پلی ساکاریدها و میزان مصرف قند برای واکنش مایلارد بستگی دارد (Sunanta et al., 2021). در نتایج این مطالعه موسیر خشک شده به روش انجمادی روشنی بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت که این پدیده ممکن است به علت پایین بودن دمای هوا و نبود اکسیژن در این خشک کن باشد که موجب گردیده واکنش مایلارد صورت نگیرد (Fante and Noreña, 2015). این در حالی بود که نمونه‌های خشک‌شده با آون و مایکروویو به علت دما و توان بالا تیره‌تر بودند. در مطالعه انجام شده بر سیر نیز افزایش دمای خشک شدن منجر به تیره‌تر شدن نمونه‌ها گردید (Rasouli et al., 2011).

در کل مشخص گردید که خشک کردن موسیر در سایه می‌تواند مناسب‌ترین روش برای حفظ کیفیت موسیر در بین روش‌های مورد بررسی باشد. خشک کردن در سایه یکی از روش‌های خشک کردن گیاهان است که از انرژی خورشیدی به عنوان منبع گرمایش استفاده می‌کند. این فرآیند تقریباً به روش خشک کردن در آفتاب انجام می‌شود، با این تفاوت که گیاهان در زیر سایه در اتاقی با تهویه خوب و رطوبت کم قرار می‌گیرند. حفظ مواد حساس به نور و به حداقل رساندن واکنش‌های شیمیایی ناشی از نور مانند اکسیداسیون از مزایای خشک کردن در سایه نسبت به خشک کردن در آفتاب است. با وجودی که خشک کردن در سایه فرآیندی زمان بر است، مطالعات انجام شده نشان داده است که این روش از نظر حفظ اسانس و رنگ محصولات خشک شده، در مقایسه با سایر روش‌های خشک کردن مانند خشک کردن با هوای گرم، خشک کردن در آفتاب و استفاده از امواج ماکروویو و خشک کن انجمادی در بسیاری از گیاهان بهتر است (Thamkaew et al., 2021).

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج این مطالعه موسیر تازه بهترین کیفیت را از نظر ترکیبات زیست فعال و مرتبط با سلامت انسان دارا می باشد. از آنجایی که موسیر طولانی مدت قابل نگهداری نیست در صورت ضرورت نگهداری بلند مدت آن، استفاده از روشی برای خشک کردن که در دمای پایین صورت بگیرد قابل توصیه است. بهترین روش برای حفظ توامان آلیسین به عنوان مهمترین ترکیب دارویی موسیر و نیز ویژگی‌های آنتی اکسیدانی، فنولی و رنگ قابل قبول از لحاظ مصرف کننده خشک کردن موسیر در سایه می باشد. از آنجایی که در روش‌های سنتی پیش از خشک کردن موسیر آن را در آب خیس می کنند این کار باعث از بین رفتن متابولیت‌های مفید موسیر شده و اثر بخشی آن را در پیشگیری و درمان بیماری‌ها کاهش می‌دهد که باید از آن اجتناب کرد.

References

Abano, E.E., Ma, H. and Qu, W. (2011). Effects of pretreatments on the drying characteristics and chemical composition of garlic slices in a convective hot air dryer. Journal of Agriculture and Food Technology, 1(5): 50-58.

Aleebrahim-Dehkordy, E., Ghasemi-Pirbalouti, A. and Mirhoseini, M. (2016). A comprehensive review on *Allium hirtifolium* Boiss. as a medicinal and edible plant. Der Pharmacia Lettre, 8(1): 188-196.

Argyropoulos, D. and Müller, J. (2014). Kinetics of change in colour and rosmarinic acid equivalents during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 1(1): 15-22.

Bhatt, S., Tewari, G., Pande, C., Prakash, O. and Tripathi, S. (2019). Aroma profile and antioxidant potential of *Origanum vulgare* L.: impact of drying. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 22(1): 214-230.

Bhatta, S., Stevanovic Janezic, T. and Ratti, C. (2020). Freeze-drying of plant-based foods. Foods, 9(1): 87-109.

Biernacka, B., Dziki, D., Kozłowska, J., Kowalska, I. and Soluch, A. (2021). Dehydrated at different conditions and powdered leek as a concentrate of biologically active substances: Antioxidant activity and phenolic compound profile. Materials, 14(20): 6127-6143.

Branisa, J., Jomova, K., Porubska, M., Kollar, V., Simunkova, M. and Valko, M. (2017). Effect of drying methods on the content of natural pigments and antioxidant capacity in extracts from medicinal plants: a spectroscopic study. Chemical Papers, 71(10): 1993-2002.

Calín-Sánchez, Á., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell-Barrachina, Á.A. and Figiel, A. (2020). Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs. Foods, 9(9): 1261-1288.

Chen, S., Shen, X., Cheng, S., Li, P., Du, J., Chang, Y. and Meng, H. (2013). Evaluation of garlic cultivars for polyphenolic content and antioxidant properties. PLoS One, 8(11): 1-13.

Condurso, C., Cincotta, F., Tripodi, G., Merlino, M. and Verzera, A. (2019). Influence of drying technologies on the aroma of Sicilian red garlic. LWT - Food Science and Technology, 104: 180-185.

De Almeida Rios, P., de Andrade, E.T., Moreira, K.S., de Oliveira, F.D.S. and Araújo, B.L.O. (2020). Drying kinetics of Chinese garlic (*Allium tuberosum*) and its effect on color. Ciência e Natura, 42: 8-25.

Fante, L. and Noreña, C.P.Z. (2015). Quality of hot air dried and freeze-dried of garlic (*Allium sativum* L.). Journal of Food Science and Technology, 52(1): 211-220.

González-de-Peredo, A.V., Vázquez-Espinosa, M., Espada-Bellido, E., Carrera, C., Ferreiro-González, M., Barbero, G.F. and Palma, M. (2021). Flavonol composition and antioxidant activity of onions (*Allium cepa* L.) based on the development of new analytical ultrasound-assisted extraction methods. Antioxidants, 10(2): 273-295.

Irigoyen, J.J., Einerich, D.W. and Sánchez-Díaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum, 84(1): 55-60.

Kamran, M., Hamlin, A.S., Scott, C.J. and Obied, H.K. (2015). Drying at high temperature for a short time maximizes the recovery of olive leaf biophenols. Industrial Crops and Products, 78: 29-38.

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.

Leontiev, R., Hohaus, N., Jacob, C., Gruhlke, M.C. and Slusarenko, A.J. (2018). A comparison of the antibacterial and antifungal activities of thiosulfinate analogues of allicin. Scientific Reports, 8(1): 1-19.

Li, Z., Raghavan, G.S.V., Wang, N. and Vigneault, C. (2011). Drying rate control in the middle stage of microwave drying. Journal of Food Engineering, 104(2): 234-238.

Liu, H., Liu, H., Liu, H., Zhang, X., Hong, Q., Chen, W. and Zeng, X. (2021). Microwave drying characteristics and drying quality analysis of corn in China. Processes, 9(9): 1511-1523.

Ludlow, R.A., Pacenza, M., Chiappetta, A., Christofides, S.R., Evans, G., Graz, M., Marti, G., Rogers, H.J. and Müller, C.T. (2021). Storage time and temperature affects volatile organic compound profile, alliinase activity and postharvest quality of garlic. Postharvest Biology and Technology, 177: 111533-111543.

McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera, V. and Owens, H.S. (1950). Determination of starch and amylose in vegetables. Analytical Chemistry, 22(9): 1156-1158.

Miron, T., Shin, I., Feigenblat, G., Weiner, L., Mirelman, D., Wilchek, M. and Rabinkov, A. (2002). A spectrophotometric assay for allicin, alliin, and alliinase (alliin lyase) with a chromogenic thiol: reaction of 4-mercaptopyridine with thiosulfinates. Analytical Biochemistry, 307(1): 76-83.

Moradi, Y., Moradi-Sardareh, H., Ghasemi, H., Mohamadi, N., Moradi, M.N. and Hosseini-Zijoud, S.M. (2013). Medicinal properties of Persian shallot. European Journal of Experimental Biology, 3(1): 371-379.

Niemiec, W. and Trzepieciński, T. (2018). Drying of herbal plants as a method of management of wasteland. Ekonomia i Środowisko, 3(66): 106-116.

Nurhaslina, C.R., Bacho, S.A. and Mustapa, A.N. (2022). Review on drying methods for herbal plants. Materials Today: Proceedings, 63: S122-S139.

Oliveira, S.M., Ramos, I.N., Brandão, T.R. and Silva, C.L. (2015). Effect of air-drying temperature on the quality and bioactive characteristics of dried Galega Kale (*Brassica oleracea* L. var. Acephala). Journal of Food Processing and Preservation, 39(6): 2485-2496.

Omidifar, N., Nili-Ahmadabadi, A., Gholami, A., Dastan, D., Ahmadimoghaddam, D. and Nili-Ahmadabadi, H. (2020). Biochemical and histological evidence on the protective effects of *Allium hirtifolium* boiss (Persian Shallot) as an herbal supplement in cadmium-induced hepatotoxicity. Evidence-based complementary and alternative medicine, 2020(1): 1-8.

Orphanides, A., Goulas, V. and Gekas, V. (2016). Drying technologies: vehicle to high-quality herbs. Food Engineering Reviews, 8(2): 164-180.

Oztekin, S. and Martinov, M. (2014). Medicinal and aromatic crops: harvesting, drying and processing. CRC Press. 340 p.

Poós, T. and Varju, E. (2017). Drying characteristics of medicinal plants. International Review of Applied Sciences and Engineering, 8(1): 83-91.

Rao, P.P., Nagender, A., Rao, L.J. and Rao, D.G. (2007). Studies on the effects of microwave drying and cabinet tray drying on the chemical composition of volatile oils of garlic powders. European Food Research and Technology, 224(6): 791-795.

Rao, T.S.B. and Murugan, S. (2021). Solar drying of medicinal herbs: A review. Solar Energy, 223: 415-436.

Rasouli, M., Ghasemzadeh, H.R. and Nalbandi, H. (2011). Convective drying of garlic (*Allium sativum*): Part I: Drying kinetics, mathematical modeling and change in color. Australian Journal of Crop Science, 5(13): 1707-1714.

Razavi, R. and Kenari, R.E. (2016). Antioxidant activity of red onion (*Allium cepa*) peel extract produced by maceration, ultrasonic assisted and supercritical extraction techniques. In: 24th Iranian Food Science and Technology Congress. Tehran, Iran.

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.

Salehi, B., Zucca, P., Orhan, I.E., Azzini, E., Adetunji, C.O., Mohammed, S.A., Banerjee, S.K., Sharopov, F., Rigano, D.,

Sharifi-Rad, J. and Armstrong, L. (2019). Allicin and health: A comprehensive review. Trends in Food Science and Technology, 86: 502-516.

Sasi, M., Kumar, S., Kumar, M., Thapa, S., Prajapati, U., Tak, Y., Changan, S., Saurabh, V., Kumari, S., Kumar, A. and Hasan, M. (2021). Garlic (*Allium sativum* L.) bioactives and its role in alleviating oral pathologies. Antioxidants, 10(11): 1847-1881.

Savas, E. (2022). The modelling of convective drying variables' effects on the functional Properties of Sliced Sweet Potatoes. Foods, 11(5): 741-757.

Strati, I.F., Kostomitsopoulos, G., Lytras, F., Zoumpoulakis, P., Proestos, C. and Sinanoglou, V.J. (2018). Optimization of polyphenol extraction from *Allium ampeloprasum* var. porrum through response surface methodology. Foods, 7(10): 162-172.

Sunanta, P., Pankasemsuk, T., Jantanasakulwong, K., Chaiyaso, T., Leksawasdi, N., Phimolsiripol, Y., Rachtanapun, P., Seesuriyachan, P. and Sommano, S.R. (2021). Does curing moisture content affect black garlic physiochemical quality? Horticulturae, 7(12): 535-551.

Thamkaew, G., Sjöholm, I. and Galindo, F. G. (2021). A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(11): 1763-1786.

Zhang, B., Qiu, Z., Zhao, R., Zheng, Z., Lu, X. and Qiao, X. (2021). Effect of blanching and freezing on the physical properties, bioactive compounds, and microstructure of garlic (*Allium sativum* L.). Journal of Food Science, 86(1): 31-39.