مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

ارزیابی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه چوچاق (*Eryngium caeruleum* Trautv.)

سودابه نورزاد[1]، حسنعلی نقدی‌بادی[2,3*]، سپیده کلاته‌جاری[4]، علی مهرآفرین[5]، سکینه سعیدی‌سار[6]

1- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

2- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

3- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

4- استادیار، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

5- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران.

6- استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: 1400 /08/11

تاریخ پذیرش: 1401/04/12

کلمات کلیدی:

اسید اسکوربیک،

چوچاق،

روش خشک کردن،

فعالیت آنتی‌اکسیدانی،

فنول کل.

DOI: 10.22034/FSCT.19.127.317

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.127.10.3

* مسئول مکاتبات:

Naghdi@imp.ac.ir

چکیده

فرآیند پس از برداشت گیاهان دارویی مانند خشک کردن، اهمیت زیادی در چرخه تولید این گیاهان دارد. جهت ارزیابی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر روی برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه دارویی چوچاق، این مطالعه در اردیبهشت 1399 در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. گیاه چوچاق از باغات شهرستان نور در مرحله رویشی جمع‌آوری گردید. تیمارهای این مطالعه شامل خشک کردن در سایه اتاق با دمای حدود 3±25 درجه سانتی‌گراد و تهویه مناسب، آفتاب، آون در دمای 45 درجه سانتی‌گراد، آون در دمای 55 درجه سانتی‌گراد، آون در دمای 65 درجه سانتی‌گراد، آون خلأ در دمای 45 درجه سانتی‌گراد، آون خلأ در دمای 55 درجه سانتی‌گراد، آون خلأ در دمای 65 درجه سانتی‌گراد، مایکروویو با توان 200 وات، مایکروویو با توان 500 وات و مایکروویو با توان 800 وات و همچنین گیاه تازه (تر) بودند. صفات میزان رطوبت بر مبنای وزن تر و خشک، زمان و سرعت خشک شدن، میزان اسید آسکوربیک، میزان پروتئین، میزان کربوهیدرات کل، میزان فنول و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش‌های مختلف خشک کردن بر صفات فیتوشیمیایی تاثیر معنی‌داری داشته‌اند. کمترین زمان و بیشترین سرعت جهت خشک شدن نمونه‌های گیاهی مربوط به مایکروویو 800 وات بود. بیشترین مقدار اسید آسکوربیک (385/72 میکروگرم بر میلی‌گرم)، پروتئین (19/72 درصد)، فنول کل (47/19 میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم ماده خشک)، فلاونوئید کل (50/96 میلی‌گرم کوئرستین بر گرم ماده خشک) و نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی (76/02 درصد) در گیاه تازه و پس از آن در تیمار خشک کردن با آون در دمای 55 درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بطور کلی این مطالعه نشان داد که بیشترین ترکیبات فیتوشیمیایی در گیاه تازه چوچاق یافت می‌شود و در صورت ضرورت نگهداری، خشک کردن گیاه در آون با دمای 55 درجه سانتی‌گراد توصیه می‌شود.

1-مقدمه

گیاهان خودرو با مصارف خوراکی و دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند [1]. فراوانی و پراکندگی گونه‌های این گیاهان در پهنه دشت‌ها و کوهساران ایران بین 7500 تا 8500 گونه گیاهی است که 1700 گونه دارویی و صنعتی از میان آن‌ها شناخته شده است که به علت عدم شناخت کافی در حال حاضر فقط حدود 200 تا 300 گونه از آن‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد [2]. لذا در صورت شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌توان از این توانایی در افزایش سطح سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیرنفتی بهره برد.

جنس ارینجیوم دارای 10 گونه علفی خاردار است که در سراسر ایران پراکنده هستند [3]. رایج‌ترین گونه‌های موجود در ایران *Eryngium caucasicum*، *E. billardieri* و *E. bungei* می‌باشند [3 و 4]. گونه‌های ارینجیوم دارای ارزش زیادی در طب سنتی اروپا هستند چرا که حاوی اسیدهای فنولی، فلاونوئید، ساپونین‌های تری‌ترپنوئید، مشتق‌های کومارینی، اسانس و استیلن می‌باشند [5 و 6]. فلاونوئیدها از مهمترین ترکیباتی هستند که در جنس ارینجیوم مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [7]. اسانس آن در صنایع بهداشتی و آرایشی کاربرد دارد [8]. بخش‌های هوایی *E. foetidum* غنی از کلسیم، آهن، ریبوفلاوین، کاروتن، ویتامین‌های A، B، C و اسانس هستند. برگ‌های جوان این گیاه حاوی 85 درصد رطوبت، 3/3 درصد پروتئین، 0/6 درصد چربی، 6/5 درصد کربوهیدرات، 1/7 درصد خاکستر، 0/06 درصد فسفر و 0/02 درصد آهن است [9]. به هرحال این گیاه دارای اثرات ضددیابتی بوده و در ایران، مصر و فلسطین اشغالی جهت کاهش قند خون بیماران دیابتی مورد استفاده قرار می‌گیرد [10].

آب بخش مهمی از مواد زیستی را تشکیل می‌دهد، خواص فیزیکی و شیمیایی محصولات تا حدود زیادی با توجه به محتوای رطوبتی آن‌ها تعیین می‌گردد [11]. از مهمترین و در عین حال رایج‌ترین تمهیدات فیزیولوژی پس از برداشت گیاهان دارویی عملیات خشک کردن اندام‌های گیاهی (دارویی) جمع‌آوری شده است به طوری که اولین قدم در عملیات پس از برداشت جهت اجتناب از کاهش مواد ارزشمند این گیاهان فسادپذیر، حذف آب است، این فرآیند یکی از روش‌های نگهداری محصولات به شمار می‌رود که از کاربرد مقدار معینی از حرارت در شرایط کنترل شده به منظور خارج کردن مقدار معینی از آب موجود در محصول که از طریق تبخیر (یا در مورد خشک کردن انجمادی به صورت تصعید)، تا حد رسیدن به یک آستانه خاص است تا با توقف فعالیت‌های آنزیمی میکروارگانیسم‌ها و مخمرها، بتوان محصولات را برای مدت طولانی انبار کرد [12]. خشک کردن بسیار مهم و تأثیرگذار می‌باشد زیرا تعیین کننده کیفیت نهایی محصول از نظر خصوصیات شیمیایی و مواد مؤثره است [11 و 13]. برای گونه‌های مختلف گیاهی یک حداکثر رطوبت وجود دارد که در فارماکوپه‌های مختلف در سراسر جهان تجویز می‌شود [14].

معمولا اندام‌های مختلف گیاهان پس از جمع‌آوری حاوی مقادیر فراوان رطوبت (80-60 درصد) می‌باشد، لذا این شرایط برای حمله قارچ‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌ها بسیار مناسب است، به این دلیل، نگهداری اندام‌های جمع‌آوری شده را حتی برای مدت بسیار کوتاه غیرممکن می‌سازد. خشک کردن اندام‌های مورد نظر یک گیاه دارویی در درجه حرارت‌های بالا سبب از بین رفتن جمعیت قارچ‌ها و باکتری‌ها می‌شود اما باید توجه داشت که افزایش بیش از حد دما، سبب کاهش مقدار اسانس می‌شود [15 و 16].

روش مناسب خشک کردن گیاهان دارویی، باید با توجه به نوع مواد مؤثره (آلکالوئید، اسانس، فلاونوئید و غیره) و اندام مورد استفاده انتخاب شود [17 و 18]. کمیت و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی به روش‌های مختلف خشک کردن و نیز به دماهای مختلف خشک کردن بستگی دارد [19 و 20]. دما و مدت زمان لازم برای خشک کردن از اصول مهم در این فرایند است و رطوبت اولیه اندام گیاهی و کمّیت و کیفیت ماده مؤثره از عوامل تأثیرگذار در تعیین این دو عامل هستند [16]. عملیات خشک کردن باید حداقل کاهش کیفیت را از نظر مواد مؤثره، رنگ، عطر و طعم در پی داشته باشد [11 و 21].

در دارونامه‌های سراسر دنیا، میزان رطوبت نهایی بیشتر گیاهان دارویی خشک شده که امکان نگهداری رضایت‌بخش آن‌ها را تأمین نماید حدود 8 تا 12 درصد است [22]. به دلیل اینکه عملیات خشک کردن سبب حرکت ترکیب‌های معطر در برگ گیاهان دارویی به سمت سطح برگ به همراه آب می‌گردد و در این پدیده مقداری از این ترکیب‌ها از دست می‌رود، بنابراین

انتخاب نوع روش خشک کردن برای کاهش هدر رفت ترکیب‌های معطر بسیار مهم است [23].

در برخی موارد خشک کردن سبب افزایش عملکرد ماده موثره بعضی از گیاهان معطر می‌شود چنین فرآیندی در برگ درخت چای، بابونه رومی، گونه‌ای اکالیپتوس و گیاه به‌لیمو گزارش شده است [16، 20 و 24]. در این گیاهان بیشترین میزان اسانس پس از برداشت در نتیجه تغییر مقدار رطوبت نیست، بلکه به دلیل تجمع اسانس بعد از برداشت و در طی مراحل خشک کردن آن‌ها می‌باشد [16]. در پژوهشی عملکرد اسانس در گیاه پونه (*Mentha longifolia* L. subsp. Capensis) در حالت خشک شده 3 برابر بیشتر نسبت به گیاه تازه گزارش شده است [23]. شابیزک نیز دارای مقدار فراوانی هیوسیامین است که بعد از خشک شدن به آتروپین تبدیل می‌شود. به طور کلی خشک کردن سبب تغییراتی در رنگ بو و مزه اندام‌های گیاهی می‌شود [16 و 25].

خشک کردن سریع و کامل گیاهان حاوی اسانس، به حفظ رنگ و اسانس آن‌ها کمک می‌کنند [24]. به طور کلی سرعت بالای خشک کردن و در نتیجه کاهش انرژی ورودی از تبخیر ماده مؤثره و اجزای آروماتیک جلوگیری می‌کند و معمولا زمان‌های طولانی‌تر و دماهای بالاتر سبب اتلاف بیشتر رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنویید می‌شود [26 و 27]. در بررسی روش‌های مختلف خشک کردن از قبیل خشک کردن به روش طبیعی در دمای اتاق، آون همراه با خلأ و خشک کردن به روش انجمادی در شش گیاه از خانواده نعناعیان، بیشترین ترکیبات فنولی، رزمارینیک اسید و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در روش طبیعی گزارش شد [28]. در گیاه بادرشبویه خشک کردن در سایه نسبت به آفتاب، سایه و دماهای مختلف آون به حفظ ترکیبات فنولی کمک کرد [29].

در این تحقیق تاثیر روش های مختلف خشک کردن بر میزان ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه چوچاق که گیاهی خودرو، پرمصرف و حائز اهمیت در اقتصاد مردم در شمال ایران است، پرداخته شد.

2- مواد و روش‌ها

پیکره رویشی گیاه دارویی و خودروی چوچاق در اردیبهشت 1399 از باغات شهرستان نور در مرحله رویشی (قبل از ظهور گل‌ها) جمع‌آوری شد و تحت تیمارهای مختلف خشک کردن قرار گرفت که تیمارها شامل: 1- خشک کردن در سایه اتاق با دمای حدود 3±25 درجه سانتی‌گراد و تهویه مناسب؛ 2- خشک کردن در آفتاب؛ 3- خشک کردن با آون در دمای 45 درجه سانتی‌گراد؛ 4- خشک کردن با آون در دمای 55 درجه سانتی‌گراد؛ 5- خشک کردن با آون در دمای 65 درجه سانتی‌گراد؛ 6- خشک کردن با آون خلأ در دمای 45 درجه سانتی‌گراد؛ 7- خشک کردن با آون خلأ در دمای 55 درجه سانتی‌گراد؛ 8- خشک کردن با آون خلأ در دمای 65 درجه سانتی‌گراد؛ 9- خشک کردن با مایکروویو با توان 200 وات؛ 10- خشک کردن با مایکروویو با توان 500 وات؛ 11- خشک کردن با مایکروویو با توان 800 وات بودند. قبل از اجرای تیمارها، تمامی صفات مورد مطالعه به شرح زیر در گیاه تازه مورد سنجش قرار گرفت.

2-1- رطوبت بر مبنای وزن تر و خشک؛ زمان و سرعت خشک شدن

زمان مورد نیاز در هر روش تا رسیدن به وزن مطلوب نهایی اندازه‌گیری شد و برای بررسی سرعت کاهش وزن نمونه در هنگام خشک شدن، بسته به سرعت خشک شدن در هر روش در فواصل زمانی مشخص توزین انجام شد و با محاسبه محتوای رطوبتی نمونه‌ها بر پایه وزن خشک (db)[1] و میزان حذف رطوبت به ازای ماده خشک در واحد زمان، سرعت خشک شدن در هر روش اندازه‌گیری شد. به منظور مقایسه در تمام روش‌ها از نمونه‌هایی با وزن یکسان استفاده گردید و برای هر نمونه، 3 تکرار انجام شد. برای تعیین محتوای رطوبتی ماده اولیه گیاهی، 3 نمونه بلافاصله پس از برداشت توزین شده و در یک آون در دمای 105 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت خشک شد و بعد از آن دوباره توزین گردید. سپس محتوای رطوبتی ماده اولیه گیاه بر پایه وزن تر و یا خشک آن به دست آمد [30].

1) وزن ماده خشک / وزن رطوبت = محتوای رطوبتی بر پایه وزن خشک

2) مدت زمان / (وزن ماده خشک / میزان کاهش رطوبت) = سرعت خشک شدن

2-2- اندازه‌گیری میزان اسید آسکوربیک

این صفت با روش کلین و پری [31] با اِعمال تغییرات جزئی

1. Dry basis moisture content

اندازه‌گیری شد. ابتدا از 5 گرم برگ خشک در محلول متانول با دستگاه سوکسله به مدت 4 ساعت عصاره‌گیری شد. عصاره حاصل از کاغذ صافی گذرانده شد و با دستگاه روتاری در دمای 40 درجه سانتی‌گراد تغلیظ گردید. 50 میلی‌گرم از عصاره حاصل با 50 میلی‌لیتر اسید متافسفریک 1 درصد به مدت 45 دقیقه عصاره‌گیری گردید. عصاره مجدد توسط کاغذ صافی شماره 4 صاف شد. یک میلی‌لیتر از عصاره فیلتر شده با 9 میلی‌لیتر محلول آماده شده مخلوط گردید و 30 دقیقه بعد عدد جذب نمونه‌ها در طول موج 530 نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambdaقرائت شد. منحنی استاندارد توسط غلظت‌های مختلف اسید اسکوربیک رسم شد و غلظت اسید آسکوربیک نمونه‌ها بر اساس میلی‌گرم اسید آسکوربیک در 100 گرم وزن نمونه خشک بیان گردید.

2-3- اندازه‌گیری میزان پروتئین

نمونه‌های گیاهی پودر شده به مدت 48 ساعت در دمای 105 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پروتئین خام به روش کجلدال به شرح زیر تعیین و سپس برای تعیین پروتئین خام نمونه‌ها، یک دهم گرم از نمونه خشک به 7 میلی‌لیتر اسید سولفوریک 96 درصد اضافه شد. هضم نمونه‌ها در دمای 350 درجه کوره به مدت 45 دقیقه صورت گرفت. پس از شفاف شدن محلول، میزان نیتروژن موجود با استفاده از روش کجلدال تعیین و سپس درصد پروتئین خام نمونه‌ها محاسبه گردید. درصد پروتئین در تیمارهای مختلف پس از اندازه‌گیری نیتروژن کل نمونه با اعمال ضریب 6/25 محاسبه شد [32].

2-4- میزان کربوهیدرات کل

جهت تهیه عصاره مقدار 500 میلی‌گرم از نمونه‌ها وزن شد. با استفاده از 5 میلی‌لیتر متانول 80 درصد استخراج عصاره صورت گرفت. در مرحله بعد عصاره حاصل به مدت 10 دقیقه در دور 6000 rpm سانتریفیوژ شد. به 100 میکرولیتر از عصاره رویی، 3 میلی‌لیتر محلول آنترون اضافه گردید. سپس در حمام داغ با دمای 100 درجه سانتی‌گراد به مدت 8 دقیقه قرار گرفت. بعد از این مرحله بلافاصله به یخچال به مدت 30 دقیقه انتقال داده شد. پس از سرد شدن، در طول موج 630 نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda قرائت صورت گرفت. برای ساخت محلول‌های استاندارد و رسم منحنی استاندارد، غلظت‌های 0، 20، 40، 60، 80 و 100 میکروگرم گلوکز تهیه شد و با 3 میلی‌لیتر آنترون مخلوط گردید. سایر مراحل مشابه نمونه‌های برگی صورت گرفت و میزان جذب، قرائت شد [33]. با توجه به معادله به دست آمده، غلظت کربوهیدرات در نمونه‌ها بدست آمد.

2-5- میزان فنول کل

مطابق روش Mc Donald *et al*., 2001 [34]، 0/5 میلی‌لیتر از عصاره استخراجی با 5 میلی‌لیتر معرف فولین ـ سیوکالتو (که با آب مقطر 10 برابر رقیق شد) و 4 میلی‌لیتر از محلول کربنات سدیم یک مولار به خوبی مخلوط شد. مخلوط به مدت 15 دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس مقدار جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda در طول موج 765 نانومتر خوانده شد [35]. بدین منظور روش رنگ‌سنجی (فولین ـ سیوکالتو) نیز روی محلول‌های استاندارد اسید تانیک با غلظت‌های مختلف انجام شد. منحنی استاندارد در برابر جذب اسید تانیک رسم گردید (Y=0/00114X+0/01062، Y عدد جذب و X غلظت بر حسب ppm). برای تعیین غلظت فنل نمونه‌ها اعداد جذب به حسب ppm (X) محاسبه شد.

2-6- میزان فلاونوئید کل

از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم برای تعیین مقدار فلاونوئیدها استفاده شد. هر کدام از عصاره‌های متانولی گیاهی (نیم میلی‌لیتر از 1:10 گرم بر میلی‌لیتر) به صورت جداگانه با 1/5 میلی‌لیتر متانول، 0/1 میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم (10 درصد متانولی)، 0/1 میلی‌لیتر استات پتاسیم (1M) و 2/8 میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب شدند. سپس محلول‌ها در دمای اتاق به مدت 30 دقیقه قرار داده شده و جذب هر ترکیب واکنشی در 415 نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با محلول‌های کوئرستین (Quercetin, Sigma Chemical Co.) متانولی در غلظت‌های 1000-250 میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه شده و منحنی با نرم‌افزار Excel رسم گردید، سپس معادله خط y=bx+a بدست آمد. جذب‌های خوانده شده از نمونه‌ها به جای y قرار داده شده و x یا همان غلظت بدست آمد [36].

2-7- میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی

برای این منظور از رادیکال آزاد DPPH (2,2-Diphenyl- Picryl- Hydrazyl) استفاده شد. ابتدا عصاره‌های گیاهی در

غلظت‌های متفاوت 5×10^{2}mg/100 الی 5×10^{6} در متانول خالص و مخلوطی به نسبت 1:1 از محلول (8mg/100) DPPH و عصاره‌های گیاهی با غلظت‌های متفاوت تهیه و جذب نمونه‌ها بعد از 30 دقیقه در دمای آزمایشگاه در 517 نانومتر به وسیله اسپکتروفتومتر مدل Visible/UV-45 Lambda اندازه‌گیری گردید. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH نمونه‌ها با استفاده از رابطه زیر به دست آمد [22].

$R\%=AD–AS/AD\times100$

R% = درصد مهار

AD: جذب DPPH در 517 نانومتر

AS: جذب نمونه‌ها در 517 نانومتر

برای مقایسه فعالیت عصاره‌ها از شاخص IC_{50} استفاده شد (IC_{50} غلظتی از عصاره است که 50 درصد رادیکال‌های آزاد را مهار می‌کند).

3- نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، در اثر روش‌های مختلف خشک کردن؛ صفات میزان رطوبت بر مبنای وزن تر و خشک، زمان و سرعت خشک شدن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار نشان دادند (جدول 1).

Table 1 Analysis of variance for moisture conent and drying time/rate of *E. caeruleum* under different drying methods

Source of variation	Degree of Freedom	Moisture based on wet weight	Moisture based on dry weight	Drying time	Drying rate
Treatment	11	0.115**	1.15**	1939704.38**	0.03**
Error	22	0.0002	0.017	4664.78	0.0001
Coeff of Variation	-	2.27	6.86	10.45	17.80

** Significant at 1% probability level.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های حاصله، بیشترین مقدار عددی درصد رطوبت بر مبنای وزن تر در تیمار استفاده از مایکروویو با توان 500 وات مشاهده شد. اگرچه تیمار مذکور با تیمارهای مایکروویو با توان‌های 200 و 800 وات؛ آون خلا 55 درجه سانتی‌گراد و آون 45 و 55 درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌دار نداشته و در یک رده قرار گرفتند (جدول 2).

Table 2 Effect of drying methods onmoisture conent and drying time/rate of *E. caeruleum* under different drying methods.

Treatment	Moisture based on wet weight (%)	Moisture based on dry weight (%)	Drying time (minutes)	Rate of Drying (g/min)
Fresh plant	0^{d}	0^{e}	0^{f}	0^{d}
Shadow	0.641 ± 0.005^{c}	1.788 ± 0.037^{d}	2832.33 ± 5.504^{a}	0.001^{d}
Sun	0.652 ± 0.008^{bc}	1.876 ± 0.069^{cd}	1053.67 ± 3.839^{b}	0.002^{d}
Oven 45 ° C	0.683 ± 0.001^{a}	2.156 ± 0.009^{ab}	1030.00 ± 2.625^{b}	0.002^{d}
Oven 55 ° C	0.679 ± 0.005^{a}	2.120 ± 0.049^{ab}	607.33 ± 7.779^{c}	0.0037^{d}
Oven 65 ° C	0.676 ± 0.009^{ab}	2.093 ± 0.087^{abc}	235.667 ± 5.193^{e}	0.0067 ± 0.001^{d}
Vacuum oven 45 ° C	0.677 ± 0.006^{ab}	2.099 ± 0.056^{ab}	1037.33 ± 0.981^{b}	0.0020^{d}
Vacuum oven 55 ° C	0.683 ± 0.002^{a}	2.153 ± 0.019^{ab}	637.00 ± 2.160^{c}	0.0030^{d}
Vacuum oven 65 ° C	0.675 ± 0.012^{ab}	2.085 ± 0.112^{bc}	245.67 ± 4.579^{e}	0.0083^{d}
Microwave 200 watts	0.685 ± 0.006^{a}	2.180 ± 0.062^{ab}	14.23 ± 0.098^{f}	0.1533 ± 0.005^{c}
Microwave 500 watts	0.698 ± 0.006^{a}	2.314 ± 0.070^{a}	10.48 ± 0.484^{f}	0.2213 ± 0.006^{b}
Microwave 800 watts	0.684 ± 0.004^{a}	2.169 ± 0.045^{ab}	7.86 ± 0.227^{f}	0.2773 ± 0.014^{a}

a Means in each column followed by the same letter are not significantly different (P <0.05).

بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین رطوبت بر مبنای وزن خشک در تیمار روش استفاده از مایکروویو با توان 500 وات محاسبه گردید (جدول 2).

بر مبنای نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین زمان صرف شده جهت خشک شدن نمونه مربوط به تیمار روش سایه (2832 دقیقه) بود؛ کمترین زمان در روش مایکروویو 800 وات صرف گردید که با سایر توان‌های مورد مطالعه در روش مایکروویو (200 و 500 وات) تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول 2).

تعیین مدت زمان خشک کردن محصولات کشاورزی اهمیت بسیاری دارد [38]. زمان خشک شدن تابعی از میزان رطوبت گیاهی و دمای محیط است. چنانچه میزان رطوبت گیاهی کمتر باشد، گیاه سریع‌تر خشک می‌شود و از سوی دیگر دماهای بالای محیط، با تبخیر سریع‌تر رطوبت گیاه سبب تسریع این فرآیند می‌شود [39]. کاهش زمان خشک کردن محصولات گیاهی در کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی جهت خشک کردن اهمیت دارد [40].

نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر کاهش معنادار زمان خشک شدن در نتیجه افزایش توان مایکروویو و درجه حرارت آون بود. نتایج مطالعات بررسی خصوصیات مؤثر در فرایند خشک کردن توسط امواج مایکروویو نشان می‌دهد چگونگی گرم شدن ماده گیاهی در تیمار مایکروویو با سایر روش‌های متداول متفاوت است و حرارت داخل ماده گیاهی بر اثر تکرار برخورد یون‌های قرار گرفته در میدان الکتریکی، ایجاد می‌شود. قرار گرفتن مولکول‌های آب در راستای میدان سبب ایجاد اصطکاک و در نتیجه تولید حرارت در محصول می‌شود و متعاقباً انرژی حرارتی توسط فرایند جابه جایی و هدایت به تمام قسمت‌های ماده گیاهی منتقل می‌شود؛ در حالیکه در سایر روش‌های متداول انرژی حرارتی از منبع حرارتی خارجی باید به ماده گیاهی منتقل شود و انتشار یابد [41]. بنابراین، احتمالا مکانیسم متفاوت انتشار حرارت در روش مایکروویو منجر به خشک شدن گیاه چوچاق در این روش با زمان کوتاه‌تر شده است (جدول 2).

زمان خشک کردن در توان‌های 500 و 800 وات مایکروویو در مقایسه با دمای 55 درجه سانتی‌گراد آون به ترتیب 98/28 و 131/04 برابر کمتر بود. از آنجا که رطوبت اولیه در نمونه‌ها تقریباً یکسان بود، به نظر می‌رسد اختلاف در زمان خشک کردن مربوط به اثر دما و انتقال حرارت در ماده گیاهی در نتیجه دماهای مختلف آون باشد. در همین زمینه نتایج مشابهی نیز بر روی گیاه دارویی *Orthosiphon staminiues* Benth. (از خانواده نعناعیان) گزارش شده است [42]. طولانی‌ترین زمان خشک شدن مربوط به روش طبیعی ـ سایه (48/21 ساعت) و کوتاه‌ترین زمان (7/86 دقیقه) مربوط به تیمار مایکروویو 800 وات بود (جدول 2).

در یک پژوهش زمان خشک کردن گل‌های بابونه رقم بودگلد (*Matricaria recutita* cv. Bodegold) در سایه را 120 ساعت گزارش کردند [15]. بررسی کیفیت، انرژی مورد نیاز و هزینه مصرفی در فرایند خشک کردن ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) نشان داد که کاهش زمان خشک کردن محصولات در کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی برای خشک کردن از اهمیت زیادی برخوردار است [43] که بر این اساس استفاده از این روش در مقایسه با مایکروویو و آون یا خشک‌کن الکتریکی، ممکن است از نقطه نظر اقتصادی چندان به صرفه نباشد، اما نتایج برخی مطالعات مزایای این روش را در حفظ کیفیت و مواد موثره گیاه می‌دانند [44].

سرعت کاهش رطوبت تحت تأثیر حرکت آب از لایه‌های داخلی به سطح اندام گیاهی می‌باشد و پراکندگی سریع امواج مایکروویو، نقش بسزایی بر کاهش سریع محتوای رطوبت از اندام گیاهان دارد که نتیجه این امر می‌تواند کیفیت نهایی آن‌ها را تعیین کند [45].

با افزایش دما در روش آون و با افزایش توان دستگاه در روش مایکروویو، زمان خشک کردن برگ‌های آگاستاکه کاهش یافت و این یافته‌ها با نتایج گیاه بابونه [15]، گیاه مرزه [46] و آویشن دنایی [47] مطابقت داشت. در آزمایشی در گیاه مرزه (*Satureja thymbra* L.) ملاحظه شد که خشک کردن برگ‌های مرزه تا زمان رسیدن به محتوای رطوبتی 0/10 بر پایه وزن خشک با روش مایکروویو تحت توان 700 وات در مقایسه با آون در دمای 50 درجه سانتی‌گراد، زمان خشک کردن را 84 برابر کاهش داد [48]. نتایج مشابهی نیز در گیاه جعفری (*Petroselinum crispum* mill.) گزارش شده است [49]. روش مایکروویو و آون در مقایسه با روش طبیعی، زمان خشک کردن سرشاخه‌های گلدار ریحان را به صورت معنی‌داری کاهش داد [50].

نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از این است که بیشترین سرعت خشک شدن در تیمار مایکروویو 800 وات رخ داده و کمترین آن مربوط به تیمار روش سایه بود (جدول 2).

نتایج مطالعات بیانگر این مطلب است که محتوای رطوبت گیاهان دارویی برای جلوگیری از آلودگی قارچی، آفلاتوکسین 10 درصد بر پایه وزن تر می‌باشد؛ با کاهش رطوبت، فرآیند استخراج رطوبت مشکل‌تر و هزینه آن افزایش می‌یابد و کاهش محتوای رطوبتی بیش از حد مجاز، افت کیفیت و کمیت گیاه دارویی را به دنبال دارد [40].

خشک کردن تنها یک فرآیند ساده کاهش رطوبت محصول

نمی‌باشد، بلکه بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی محصولات از جمله فعالیت آنزیمی، فساد میکروبی، گرانروی، سختی، طعم و مطبوعیت محصول نیز اثرگذار است. این تغییرات فیزیکی شامل چروکیدگی، پف کردن، تبلور و تغییرات شیمیایی و بیوشیمیایی شامل تغییر رنگ، بافت، بو و خواص دیگر است، خشک کردن نیز می‌تواند سبب کاهش کیفیت خوراکی و ارزش غذایی و آسیب‌های ساختاری غیرقابل برگشت شود. هدف از طراحی تجهیزات خشک کردن، به حداقل رساندن این تغییرات نامطلوب است که با انتخاب شرایط مناسب برای خشک کردن ماده غذایی محقق می‌شود [51]. افزایش دمای خشک کردن مریم گلی در دماهای 30 درجه و دمای بالاتر یعنی از 30 به 50 درجه، سبب کاهش 90 درصد زمان خشک کردن می‌شود [24].

خشک کردن عناب به دو روش هوای گرم و مادون قرمز، سبب افزایش سرعت خشک کردن شد. اما خشک کردن با روش مادون قرمز نسبت به هوای گرم، زمان خشک کردن را کوتاه‌تر و بازده را بالاتر و کیفیت را بالاتر از سایر روش‌ها نشان دادند [28]. با کاهش سرعت جریان هوا و افزایش میزان شدت تابش مادون قرمز، زمان خشک شدن نمونه‌ها کاهش یافت [52].

3-1- صفات فیتوشیمیایی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها؛ در اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان اسید آسکوربیک، پروتئین، کربوهیدرات، فنول و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه چوچاق، اثر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول 3).

Table 3 Analysis of variance for phytochemical traits of *E. caeruleum* under different drying methods

Source of variation	Degree of Freedom	Ascorbic acid	Protein	Carbohydrate	Total phenol	Total flavonoids	Antioxidant activity
Treatment	11	6500.88**	0.402**	64.40**	61.61**	4.76**	7.64**
Error	22	34.20	0.039	0.31	0.19	0.16	0.29
Coeff of Variation	-	2.09	1.02	1.17	1.09	0.80	0.75

** significant at 1% probability level.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین میزان اسید آسکوربیک در گیاه تازه و پس از آن در روش خشک کردن با آون در دمای 55 درجه سانتی‌گراد مورد سنجش قرار گرفت. همچنین نمونه خشک شده در آفتاب کمترین مقدار اسید اسکوربیک (ویتامین ث) (216/46 میلی‌گرم در 100 گرم نمونه) را دارا بود (شکل 1).

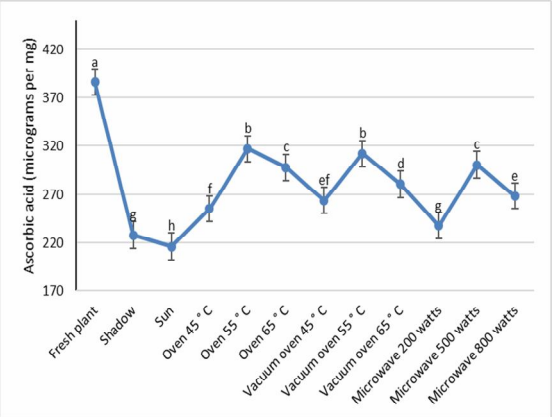

Fig 1 The amount of ascorbic acid of *E. caeruleum* under different drying methods

میزان ویتامین ث در نمونه‌های خشک شده با آون بیشتر از نمونه‌های خشک شده گیاه چوچاق با روش‌های آفتاب، سایه و مایکروویو بود. این امر می‌تواند به دلیل ارتباط مستقیم بین مقادیر ویتامین ث با روش، قدرت، دما و زمان خشک کردن باشد. به طوری که توان‌های بالاتر مایکروویو و زمان طولانی‌تر خشک شدن در آفتاب اثرات نامطلوب بیشتری بر از دست رفتن ویتامین ث نمونه‌ها داشتند [53]. ویتامین ث بر اثر فرایندهای حرارتی اکسید گردیده و به دهیدروآسکوربیک اسید تبدیل می‌گردد. نتایج تحقیق حاضر با آزمایشات بر روی خرما [54]، زردآلو [55]، کیوی [56] وبر روی گیاه علف‌چشمه [57] مطابقت داشت.

همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر این است که در گیاه تازه بیشترین میزان پروتئین مورد سنجش قرار گرفت؛ این در حالی است که در تیمار خشک کردن با آون با دمای 55 درجه سانتی‌گراد نیز میزان پروتئین اختلاف چندانی با گیاه تازه نداشت. کمترین میزان پروتئین در گیاهانی اندازه‌گیری شد که

در سایه خشک شده بودند (جدول 4).

Table 4 Effect of drying methods on phytochemical traits of *E. caeruleum* under different drying methods.

Treatment	Protein (%)	Carbohydrates (micrograms of glucose per gram of fresh weight)	Total phenol (mg gallic acid per gram of dry matter)	Total flavonoids (mg quercetin per gram of dry matter)	Antioxidant activity (%)
Fresh plant	19.72±0.038^{a}	39.12±0.062^{j}	47.19±0.083^{a}	50.96±0.448^{a}	75.57±0.219^{a}
Shadow	18.39±0.292^{f}	52.42±0.174^{b}	34.72±0.069^{h}	47.66±0.170^{de}	70.67±0.412^{efgh}
Sun	18.70±0.00^{ef}	55.09±0.171^{a}	32.55±0.207^{i}	47.40±0.250^{e}	69.99±0.236^{h}
Oven 45 ° C	18.90±0.065^{de}	49.02±0.131^{e}	38.63±0.049^{f}	49.56±0.099^{c}	70.85±0.071^{defgh}
Oven 55 ° C	19.52±0.014^{ab}	40.85±0.082^{i}	45.67±0.106^{b}	50.96±0.210^{a}	72.65±0.107^{b}
Oven 65 ° C	19.26±0.038^{bc}	46.44±0.207^{g}	42.82±0.122^{d}	50.37±0.062^{ab}	71.64±0.043^{cd}
Vacuum oven 45 ° C	19.08±0.036^{cd}	48.84±0.090^{e}	38.10±0.125^{f}	49.84±0.302^{bc}	70.93±0.434^{defgh}
Vacuum oven 55 ° C	19.39±0.011^{bc}	43.30±0.848^{h}	43.99±0.436^{c}	50.37±0.205^{ab}	71.81±0.369^{bc}
Vacuum oven 65 ° C	19.18±0.036^{cd}	46.99±0.061^{fg}	38.50±0.308^{f}	49.94±0.248^{bc}	71.49±0.236^{cde}
Microwave 200 watts	18.88±0.036^{de}	50.80±0.124^{c}	35.44±0.130^{h}	48.14±0.050^{d}	70.35±0.267^{gh}
Microwave 500 watts	19.33±0.022^{bc}	47.73±0.214^{f}	39.56±0.234^{e}	49.93±0.273^{bc}	71.30±0.573^{cdef}
Microwave 800 watts	19.08±0.036^{cd}	49.92±0.176^{cd}	37.00±0.209^{g}	48.26±0.165^{d}	70.48±0.236^{fgh}

a Means in each column followed by the same letter are not significantly different (P <0.05).

خشک کردن در دمای مناسب سبب تغییرات مطلوب در مواد موثره می‌شود. پوست تازه گیاه سیاه‌توسه به علت وجود برخی ترکیبات شیمیایی پروتئینی، تهوع‌آور است؛ ولی پس از خشک شدن (رطوبت حدود 14 درصد)، ترکیبات پروتئینی مذکور تجزیه شده و به ماده گیاهی مسهل و ملین تبدیل می‌گردد. در مطالعه اخیر تحت روش‌های خشک کردن، میزان ترکیبات پروتئینی کاهش یافته که نشان از تجزیه این ترکیب و تبدیل به اجزای سازنده و شاید شرکت در فعالیت آنزیم‌ها باشد [57].

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین میزان کربوهیدرات در بافت گیاهانی که در زیر نور آفتاب خشک شده بودند ارزیابی شد. کمترین میزان کربوهیدرات با اختلاف 28/99 درصد نسبت به همین تیمار (آفتاب) در گیاهان تازه مورد سنجش قرار گرفت (جدول 4).

در تحقیق حاضر میزان کربوهیدرات بافت‌های گیاهی پس از خشک شدن افزایش نشان داد؛ ترکیبات پیچیده قندی به ترکیبات ساده‌تر تجزیه و در مجموع میزان آن افزایش یافت. گلیکوزیدهای محرک قلب در برگ‌های گل‌انگشتانه که از گروه کربوهیدرات‌ها می‌باشند، پس از خشک شدن افزایش می‌یابد [28].

نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از این است که در اندازه‌گیری میزان فنول کل در بافت‌های گیاه چوچاق؛ گیاه تازه نسبت به تمامی تیمارها برتری داشته، اگرچه در روش خشک کردن با آفتاب میزان فنول کل کاهش محسوس و قابل توجهی را در مقایسه با سایر تیمارها نشان داد (جدول 4).

ترکیبات فنولی گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی است که غالباً فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند. این ترکیبات جزء آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی آب‌دوست محسوب می‌شوند و خواص ارزشمند ضدمیکروبی، ضدویروس، ضدجهش و ضدسرطان دارند. بررسی مسیر شیکیمات به عنوان مسیر اصلی بیوسنتز ترکیبات فنولی، مبین این مطلب است که مسیرهای متابولیکی اولیه و ثانویه در گیاه با هم ارتباط دارند [58 و 59]. در خصوص بهینه‌سازی روش‌های خشک کردن در گیاه چای سبز ***Camellia sinensis*** مؤید این مطلب بود که تیمار مایکروویو با توان متوسط و بالا (500 تا 800 وات) منجر به حفظ ترکیبات فنولی و فلاونوئیدهای این گیاه به بهترین شکل ممکن شد که احتمالا ناشی از غیرفعال شدن آنزیم‌ها در تیمار با مایکروویو باشد [60]. تیمار مایکروویو 600 وات در گیاه همیشه‌بهار استخراج ترکیبات فنولی را بهبود بخشیده و با کاهش زمان خشک کردن سبب حفظ این ترکیبات شد [61]. در گیاه کلمانتین مقدار ترکیبات فلاونوئیدی با افزایش توان مایکروویو از 125 وات در 5 دقیقه به 250 وات در 10 دقیقه سبب افزایش فلاونوئیدها و افزایش به 500 وات و زمان 15

دقیقه سبب کاهش شدید این ترکیبات شد و دلیل این امر، تاثیر مخرب امواج الکترومغناطیسی مایکروویو بر ساختار فلاونوئیدها عنوان شده است [62].

نتایج نشان داد که گیاهان تازه و گیاهان خشک شده در روش آون با دمای 55 درجه سانتی‌گراد بیشترین انباشت فلاونوئید کل را با مقدار عددی 50/96 میلی‌گرم کوئرستین بر گرم ماده خشک نشان دادند، گیاهان خشک شده تحت نور آفتاب کمترین فلاونوئید کل را در بافت‌های خود تجمع داده بودند (جدول 4).

افزایش میزان فلاونوئید کل در آون 80 درجه سلسیوس به دلیل غیرفعال شدن آنزیم‌های موثر در تجزیه و تخریب فلاونوئیدها بوده، چنانچه آون 60 درجه سلسیوس نیز به دلیل فراهم شدن دمای مطلوب این آنزیم‌ها سبب کاهش فلاونوئید کل می‌شود. این نتایج در آزمایشات کوئرستین نیز قابل مشاهده است [63]. گزارش برخی از پژوهشگران بیانگر تأثیر مثبت حرارت و تیمار آون بر محتوای فنولی ماده گیاهی است، به طوری که تشکیل ترکیبات فنولی را در دمای بالا (90 درجه سلسیوس) به دلیل فراهم شدن پیش‌سازهای ترکیبات فنولی به همراه تبادلات غیرآنزیمی بین مولکول‌ها، گزارش کردند [28]. از دست دادن ظرفیت آنتی‌اکسیدان، محتوای پلی‌فنول و فلاونوئید کل در طول خشک کردن همرفتی سیب نیز مورد بررسی قرار گرفت [64]. مشاهده شده است که افزایش قدرت اولتراسونیک باعث کاهش در پلی‌فنل کل و محتوای فلاونوئید به طور مستقل از درجه حرارت خشک کردن می‌شود [65]. همچنین خشک کردن سیب در دمای پایین مورد بررسی قرار داده شد [66 و 67]. گفته شد که اولتراسونیک باعث کاهش تمام صفات مورد بررسی، به عنوان مثال ظرفیت آنتی‌اکسیدان، پلی‌فنل کل و محتوای فلاونوئید می‌باشد. اولتراسونیک در طول خشک کردن انبه، موز و دیگر گیاهان موجب کاهش در فعالیت آنتی‌اکسیدان کل و محتوای پلی‌فنل کل می‌شود [68].

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها؛ گیاهان تازه قدرت مهار درصد بیشتری از رادیکال‌های آزاد را دارا بودند، کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به تیمار خشک کردن زیر نور آفتاب بود. نتایج نشان داد تیمار آون 55 درجه سانتی‌گراد از نظر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به سایر تیمارها برتری داشته است (جدول 4).

به نظر می‌رسد فرایند خشک کردن سبب تخلیه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از مواد گیاهی شده و تیمار آون با دمای 55 درجه و پس از آن آون خلا با همین میزان درجه حرارت با تغییر یا تخریب در ساختار داخلی غشاها منجر به آزاد شدن این ترکیبات شده است. چنانکه افزایش معنادار فعالیت آنتی‌اکسیدانی آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)، مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و مرزنجوش بستانی (*Origanum majorana* L.) پس از خشک شدن نسبت به شاهد (نمونه‌های تازه) گزارش شده است [28]. اثر تیمارهای مایکروویو، سایه و آفتاب بر روی گیاه *Cardiospermum halicacabum* L. بیانگر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار مایکروویو 900 وات و سایه بود. ایجاد حرارت درون ماده گیاهی در تیمار مایکروویو به دلیل وجود میدان الکتریکی، سبب ایجاد شرایط مساعد برای آزادسازی ترکیبات درون سلولی شده و از سویی دیگر زمان طولانی در روش طبیعی نه تنها فرصتی برای رها شدن ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی فراهم کرده، بلکه با ایجاد یک روند کند برای خشک شدن سبب حفظ این ترکیبات شده است [69 و 70]. در همین زمینه نتایج مشابهی نیز از بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی گیاهان ادویه‌ای شامل آویشن و ریحان، دارچین (*Cinnamomum verum*) تحت تأثیر تیمارهای حرارتی وجود دارد [71]. دماهای بالا سبب کاهش آنزیم‌ها به ویژه کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود [72]. از این رو احتمالاً کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دماهای 70 و 80 درجه سلسیوس آون به دلیل تأثیر دما بر عملکرد آنزیم‌ها و کاهش آنزیم‌ها بوده است [60]. اولتراسونیک بدون تاثیر در محتوای نهایی آنتی‌اکسیدان در ذغال اخته خشک شده بود [73]. فعالیت آنتی‌اکسیدانی هویج با اولتراسونیک برای پروسه خشک کردن همرفتی و مایکروویو ـ همرفتی بهبود یافته بود [74].

طی فرآیند خشک کردن که باعث کاهش محتوی رطوبتی اندام‌های مختلف گیاهی می‌گردد، مولکول‌های آب به سطح اندام حرکت می‌نمایند، لذا این امکان وجود دارد که طی این فرآیند، ترکیبات آروماتیک و معطّر نیز همراه با آب از اندام تبخیر شوند که در نتیجه به دلیل از دست رفتن بخشی از این ترکیبات، کیفیت محصول خشک شده اُفت نماید [23]. بنابراین انتخاب روش مناسب خشک کردن گیاهان دارویی که

بسته به نوع اندام، هدف خشک کردن و محتوی رطوبتی متفاوت می‌باشد [75].

طبق مطالعات انجام شده اختلاف در نتایج تحقیقات مختلف ممکن است ناشی از تفاوت در گونه گیاهی، ساختارهای ترشحی و موقعیت آن‌ها در گیاه و ترکیب شیمیایی اسانس‌ها باشد [76]. بدیهی است که کاهش ترکیب فرار در طول فرآیند خشک کردن بستگی به میزان فرار بودن و ساختار شیمیایی ترکیب گیاهی دارد [77]. علاوه بر تاثیر حائز اهمیت فرآیند خشک کردن بر مدت، دوام و ماندگاری محصولات، نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که روش مورد استفاده برای خشک کردن تأثیر بسزایی بر عملکرد ترکیبات ثانویه گیاهان دارویی دارد [78]. البته تأثیر فرآیند خشک کردن بر عملکرد کل و محتوای ترکیبات ثانویه گیاهان دارویی، بسته به درجه حرارت مورد استفاده، طول دوره خشک کردن و نوع گونه گیاهی متفاوت می‌باشد [79].

4- نتیجه‌گیری

طبق نتایج به دست آمده در این پژوهش، زمان طولانی در خشک کردن گیاه چوچاق در سایه و آفتاب باعث افت برخی از خصوصیات کیفی محصول نهایی شد. استفاده از انرژی مایکروویو علاوه بر جداسازی سریع آب پیکره رویشی گیاه، موجب بهبود ویژگی‌های ساختمانی آن نسبت به سایه و آفتاب گردید، اما در شدت‌های بالا باعث برخی از تغییرات نامطلوب در نمونه‌ها شد؛ بطوری که در شرایط خشک کردن با آون نیز اتفاق مشابهی رخ داد و با افزایش درجه حرارت؛ میزان تخریب ترکیبات ثانویه نیز افزایش یافته و در نتیجه تجمع آن‌ها در بافت گیاه، کاهش محسوس نشان داده است. با افزایش دمای آون و توان مایکروویو، زمان خشک شدن کاهش و سرعت خشک کردن افزایش یافت و در مقابل اسید آسکوربیک کاهش یافته است. بهترین تیمار خشک کردن در روش آون در دمای 55 درجه سانتی‌گراد رخ داده و در مایکروویو، با توان 500 وات نسبت به سایر توان‌ها نتایج رضایت‌بخش‌تر بوده است. همچنین، دمای 65 درجه سانتی‌گراد آون، توان 800 وات مایکروویو زمان طولانی‌تر خشک شدن با آفتاب و سایه در تخریب مقادیر پروتئین، فنل و فلاونوئید کل نقش داشت. میزان فلاونوئید کل در نمونه گیاه تازه با تیمار آون 55 درجه سانتی‌گراد مقادیر برابری داشته است.

درصد جذب رادیکال آزاد DPPH در روش خشک کردن با آون و مایکروویو تحت تأثیر درجه حرارت، سطح توان و زمان قرارگرفت. طبق نتایج به دست آمده می‌توان بیان نمود که استفاده از آون با دمای 55 درجه سانتی‌گراد و مایکروویو با توان 500 وات در خشک کردن پیکره رویشی گیاه دارویی چوچاق جهت حفظ اسید آسکوربیک، پروتئین، فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مؤثرتر عمل می‌نمایند.

5- منابع

[1] Zargari, A. 2004. Medicinal plants, first volume. Tehran: Tehran Publishing and Printing Institute.

[2] Ariapur, A. & Mirzaei Mullah, A. 2010. Medicinal, aromatic and industrial plants of forests and pastures. Publications of the Institute of Higher Education of Applied Science of the Ministry of Jihad Agriculture. First Edition. 216 p.

[3] Mozaffarian, V. 2012. Recognition of medicinal and aromatic plants of Iran. Contemporary Culture Publications. Tehran Iran.

[4] Ghahraman, A. 1993. Cormophytes of Iran (plant systematic). First Edition. Tehran University Publishing Center.

[5] Zhang, Z., Li, S., Ownby, S., Wang, P., Yuan, W. & Beasley, S. R. 2008. Phenolic compound and rate polyhydroxylated triterpenoidsaponins from *Eryngium yaccifolium*. Phytochemistry. 69: 2070-2080.

[6] Thiem, B., Kikowska, M. A. & Kalemba, D. 2011. Essential oil composition of the different parts of *Eryngium planum* L. Molecules. 16: 7115-7124.

[7] Nebija, F., Kulevanova, S. & Stefova, M. 2006. Identification and determination of flavonois in Eryngii herba (*Eryngium capestre* L., Apiaceae). Macedonian Pharmaceutical Bulletin. 52(1, 2): 73-80.

[8] Gayatri, M. C., Madhu, M., Kavyashree, R., & Dhananjaya, S. P. 2006. A protocol for in vitro regeneration of (*Eryngium foetidum* L.). Indian journal of biotechnology. 5: 249-251.

[9] Paula, J. H. A., Seafortha, C. E. & Tikasinghb, T. 2011. *Eryngium foetidum* L.: a review. Fitoterapia. 82(3): 302-308.

[10] Soumyanath, A. 2006. Traditional

Drying protocols for traditional medicinal herbs: A critical review. International Journal of Engineering and Technology. 4: 1–8.
[22] Rocha, R. P., Melo, C. E. & Radünz, L. L. 2011. Influence of drying process on the quality of medicinal plants: A review, Journal of Medicinal Plants Research. 5: 7076-7084.
[23] Asekun, O. T., Grierson, D. S. & Afolayan, A. J. 2007. Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of *Mentha longifolia* L. sub sp. *capensis*. Food Chemistry. 101: 995-998.
[24] Martinov, M., Oztekin, S. & Muller, J. 2007. Medicinal and Aromatic Crops. Harvesting, drying, and Processing, Haworth Food and Agricultural Press 390.
[25] Samadi, L., Larijani, K., Naghdi Badi, H. A. & Mehrafarin, A. 2018. Quality and quantity variation of the essential oils of *Deracocephalum kotschyi* Boiss, as affected by different drying methods. Journal of Food Processing and Preservation. 42(11): 1-12.
[26] Borchani, S. C., Besbes, M., Masmoudi, C., Blecker, M., Paquot, H. & Attia, H. 2011. Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fiber concentrates, Food Chemistry. 125: 1194-1201.
[27] Dehghani Mashkani, M. R., Larijani, K., Mehrafarin, A. & Naghdi Badi, H. 2018. Changes in the essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak. under different drying methods. Industrial Crops and Products. 112: 389-395.
[28] Hossain, M., Barry Ryan, C., Martin Diana, A. & Brunton, N. 2010. Effect of drying method on the antioxidant capacity of six Lamiaceae herbs. Food Chemistry. 123(1): 85-91.
[29] Mohtashami, S., Babalar, M., Mirjalili, M. H., Ebrahimzadeh Moosavi, M. & Adib, J. 2010. Effects of different drying methods on drying rate, essential oil content and antioxidant activity of *Dracocephalum moldavica* L. In: Proceedings of National Young Researchers Congress of Biology, 13th – 17th February, Tehran, Iran. (in Farsi)
[30] MirMostafaee, S., Azizi, M., Bahreini, M., Arouiee, H. & Oroojalian, F. 2014. The effects of different drying methods on speed of drying, essential oil and microbial load in Peppermint (*Mentha* × *piperita* L.). Journal of Plant Production. 20(4):133-147.
[31] Kelin, B. P. & Perry, A. K. 1982. medicines for modern times: Antidiabetic plants. CRC Press. 304 p.
[11] Oztekin, S. & Martinov, M. 2007. Medicinal and aromatic crops: harvesting, drying, and processing. CRC Press, pp 320.
[12] Soysal, Y. & Oztekin, S. 2001. Technical and economic performance of a tray dryer for medicinal and aromatic plants. Journal of Agricultural Engineering Research. 79: 73-79.
[13] Tankoa, H., Carriera, D. J., Duana, L. & Clausena, E. D. 2005. Pre and post harvest processing of medicinal plants. Plant Genetic Resources. 3: 304-313.
[14] Calixto, J. B. 2000. Efficacy, safety, quality control, market and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents), Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 33: 179-189.
[15] Azizi, M., Rahmati, M., Ebadi, T. & Hassan Zadeh Khayat, M. 2010. Investigation of the effect of different drying methods on weight loss rate, essence content and percentage of Kamazolen of chamomile medical plant (*Matricaria recutita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant. 25(2): 182-92.
[16] Omidbeigi, R. 2005. *Production and Processing of Medicinal Plants*. Behnashr Pub. 347 P. (in Farsi)
[17] Sadowska, U., Kope´c, A., Kourimska, L., Zarubova, L. & Kloucek, P. 2017. The effect of drying methods on the concentration of compounds in sage and thyme. Journal of Food Processing and Preservation. 41, e13286.
[18] Ozbek, B. & Dadali, G. 2007. Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment. Journal of Food Engineering. 4: 541-549.
[19] Sellami, I. H., Wannes, A. W., Rebey, I. B., Berrima, S., Chahed, T., Marzouk, B. & Limam, F. 2011. Qualitative and quantitative changes in the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves as affected by different drying methods, Food Chemistry. 126: 691-697.
[20] Rezvani Aghdam, A., Naghdi Badi, H., Abdossi, V., Hajiaghaee, R. & Hosseini, S. E. 2019. Changes in the Essential Oil Content and Composition of *Lippia citriodora* under Vacuum Oven-drying and Pre-drying Operation. The Journal of Medicinal Plants. 18(72): 110-120.
[21] Chakraborty, R. & Tilottama, D. 2016.

[42] Abdullah, S., Ahmad, M. S., Shaari, A. R. & Johar, H. M. 2011. Drying characteristics and herbal metabolites, composition of misai kucing (*Orthosiphon staminiues* Benth.) leaves. In: Proceedings of International conference on food engineering and biotechnology, 7th-9th May, Bangkok, Thailand.

[43] Arab Hosseini, A. 2005. Quality, energy requirement and costs of drying tarragon(*Artemisia dracunculus* L.). Ph.D. Thesis. Wageningen University, Netherland.

[44] Ahmadi, K., Sefidkon, F. & Assareh, M. H. 2008. The effects of different drying methods on essential oil content and composition of three genotypes of *Rosa damascena* Mill. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 24(2): 162-176. (In Farsi)

[45] Khorramdel, S., Shabahang, J. & Asadi, A. G. 2013. Effect of drying methods on drying time, essential oil quantitative and qualitative of some of medicinal plants. Eco-phytochemical Journal of Medical Plants.1(1): 36-48. (In Farsi)

[46] Ebadi, M. T., Rahmati, M., Azizi, M. & Hassanzadeh-Khayyat, M. 2011. Effects of different drying methods (natural method, oven and microwave) on drying time, essential oil content and composition of Savory (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 26(4): 477-489. (In Farsi)

[47] Nemati, S., Sefidkon, F., & Poorherave, M. 2011. The effects of drying methods on essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 27: 72-80. (In Farsi)

[48] Arslan, D. & Ozcan, M. M. 2012. Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and color characteristics of savory leaves. Food and Bioprocess Technology. 5(3): 983-991.

[49] Soysal, Y. 2004. Microwave drying characteristics of parsley. Biosystems Engineering. 89(2): 167-173.

[50] Ebadi, M. T., Rahmati, M., Azizi, M., Hassanzadeh Khayyat, M. & Dadkhah, A. 2013. The effects of different drying methods on drying time, essential oil content andcomposition of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 29(2): 425–437. (In Farsi)

[51] Maskan, M. 2001. Drying shrinkage and Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United State. Journal of Food Science. 47: 941-945.

[32] Jensen, E. S. 1996. Grain yield, symbiotic N_2 fixationand interspecific competition for inorganic N inpea – barley intercrops. Plant and Soil. 182: 25-38.

[33] Carrol, H. V., Longley, R. W. & Roe. J. H. 1956. The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. Journal of Biological Chemistry. 220(2): 583-593.

[34] McDonald, S., Prenzler, P.D., Autolovich, M. & Robards, K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chemistry. 73:73-84.

[35] Oroojalian, F., Kasra-Kermanshahi, R., Azizi, M. and Bassami, M.R. 2010. Phytochemical composition of the essential oils from three Apiaceae species and their antibacterial effects on food-borne pathogens. Food Chemistry. 120(3): 765-70.

[36] Chang, C., Yang, M., Wen, H. & Chern, J. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis. 10: 178-182.

[37] Sun, T., Powers, J. R. & Tang, J. 2007. Evaluation of the antioxidant activity of Asparagus, broccoli and their juices. Food Chemistry. 105: 101-106.

[38] Hevia, F., Melin, P., Berti, M., Fischer, S. & Pinichet, C. 2002. Effect of drying temperature and air speed on cichoric acid and alkylamide content of *Echinaceae purpurea*. Acta Horticulture. 576: 321-325.

[39] Alibas, I. 2007. Microwave, air and combined microwave–air drying parameters of pumpkin slices. Journal of Food Science and Technology. 40: 1445-1451.

[40] Caceres, A. 2000. Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarmaceuticas. Primer Congreso International FITO. Por la investigacion, conservacion y diffusion del conocimiento de lasplantasmedicinals". Lima, Peru.

[41] Moosavian, M. T. & Mohammadpoor, V. 2006. Investigation of effective parameters in drying process of food materials by Microwave. In: Proceedings of 6th National student congress f Chemistry Engineering & 5th National Student Congress of Oil Engineering, 29-30th August, Isfahan, Iran. (in Farsi)

Agricultural and Food & Chemistry. 51(16): 4769-4774.
[61] Tabrizi, L., Dezhabon, F., Mostofi, Y. & farimani, M. M. 2015. Change of physical and chemical factors *Calendula officinalis* flowers of different Tasyrrvsh drying and Power Plant-professor, former student of master and professor of natural resources. 243-258.
[62] Hayat, Kh., Zhang, X., Farooq, U., Abbas, Sh., Xia, Sh, Jia, Ch., Zhong, F. & Jing, Zh. 2010. Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace. Food Chemistry. 123(2): 423-429.
[63] Rohn, S., Buchner, N., Driemel, G., Rauser, M. & Kroh, L. W. 2007. Thermal degradation of onion quercetin glucosides under roasting conditions. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55(4): 1568-1573.
[64] Rodrigueza, J., Melob, C. E., Muleta, A. & Bona, J. 2013. Optimization of the antioxidantcapacity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) extracts: Management of the convective dryingprocess assisted by power ultrasound, Journal of Food Engineering. 119: 793-799.
[65] Rodríguez, O., Rodríguez, V. J., Simal, S., García-Pérez, V. J., Femenia, A. & Rosselló, C. 2014. Influence of power ultrasound application on drying kinetics of apple and its antioxidant and microstructural properties, Journal of Food Engineering. 129: 21-29.
[66] Santacatalina, V. J., Contreras, M., Simal, S., Cárcel, A. J. & García-Pérez, V. J. 2016. Impact of applied ultrasonic power on the low temperature drying of apple, Ultrasonics Sonochemistry. 28: 100-109.
[67] Santacatalina, V. J., Rodríguez, O., Simal, S., Cárcel, A. J., Mulet, A. & García-Pérez, V. J. 2014. Ultrasonically enhanced low-temperature drying of apple: Influence on drying kinetics and antioxidant potential, Journal of Food Engineering. 138: 35-44.
[68] Méndez, K. E., Orrego, E. C., Manrique, L. D., Gonzalez, D. J. & Vallejo, D. 2015. Power Ultrasound Application on Convective Drying of Banana (*Musa paradisiaca*), Mango (*Mangifera indica* L.) and Guava (*Psidium guajava* L.), World Academy of Science, Engineering and Technology. 9: 560-565.
[69] Ponmari, G., Sathishkumar, R., Lakshmi, rehydration characteristics of kiwi fruits during hot air and microwave drying, Journal of Food Engineering. 35: 267-280.
[52] Ebadi, M.T., Sefidkon, F., Azizi, M. & Ahmadi, N. 2017. Packaging methods and storage duration affect essential oil content and composition of lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth.). Food Science & Nutrition. 5: 588-595.
[53] Noori, M., Kashaninejad, M., Daraei Garme Khani, A. & Bolandi, M. 2012. Optimization of drying process of parsley using the combination of hot air and microwave methods. Journal of Food Processing and Preservation. 4(2): 103-122. (In Farsi)
[54] Yektakhah, S. & Mirzaei, H. 2014. The effect of drying method on some quality properties and organoleptic of dates. Third National Conference on Food Science and Technology, Ghoochan, Islamic Azad University, Quchan Branch, 6 p.
[55] Moslemi, M. & Mirzaei, H. 2014. Comparison of hot air and microwave drying on the quality characteristics of apricot, Third National Conference on Food Science and Technology, Ghoochan, Islamic Azad University, Quchan Branch, pp10. (In Farsi)
[56] Sarabiar, S., Tahmasbi, H. A. & Zare Aliabadi, H. 2014. The effect of microwave radiation on the amount of vitamin C IN Kiwi sheets dried in the microwave and residual moisture in it. Third National Conference of Food Science and Technology, Ghoochan, Islamic Azad University, Quchan Branch, pp 4. (In Farsi)
[57] Ostadzadeh, S. H. & Sayyed-Alangi, S. Z. 2016. Effects of drying process on qualitative and quantitative properties of watercress (*Nasturtium officinale*) leaves. Journal of New Food Technologies. 4(13): 16-1.
[58] Podsędek, A. 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: a review. Food Science and Technology. 40(1): 1-11.
[59] Ayyobi, H., Peyvast, G. A. & Olfati, J. A. 2014. Effect of drying methods on essential oil yield, total phenol content and antioxidant capacity of peppermint and dill. Journal Ratarstvo i povrtarstvo. 51(1): 18-22.
[60] Gulati, A., Rawat, R., Singh, B. & Ravindranath, S. D. 2003. Application of microwave energy in the manufacture of enhanced quality green tea. Journal of

P. T. V., & Annamalai, A. 2011. Effect of drying treatment on the contents of antioxidants in *Cardiospermum halicacabum* Linn. International Journal of Pharmacy & Biological Sciences. 2(1): 304-313.

[70] Doymaz, I. & Karasu, S. 2018. Effect of air temperature on drying kinetics, colour changes and total phenolic content of sage leaves (*Salvia officinalis*). Quality Assurance and Safety of Crops & Foods. 10: 269–276.

[71] Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., Pasquale, A. & Saija, A. 2005. Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. Food Chemistry. 89(4): 549-554.

[72] Iwansyah, A.C., Manh, T.D., Andriana, Y., Aiman bin Hessan, M., Kormin, F., Cuong, D.X., Xuan Hoan, N., Thai Ha, H., Thi Yen, D., Thinh, P.V., The Hai, L. & Ngoc Minh, T. 2020. Effects of Various Drying Methods on Selected Physical and Antioxidant Properties of Extracts from *Moringa oliefera* Leaf Waste. Sustainability. 12(20): 8586.

[73] Konopacka, D., Parosa, R., Piecko, J. & Siucińska, K. 2015. Ultrasond &Microwave Hybrid Drying Device for Colored Fruit Preservation – Product Quality and Energy Efficiency, In Proceedings of the 8th Asia-Pacific Drying Conference, (252-258) Kuala-Lumpur, Malaysia.

[74] Kroehnke, J., Radziejewska-Kubzdela, E., Musielak, G. & Stasiak, S. 2015. Ultrasonic Assisted and Microwave -Assisted Convective Drying of Carrot: Drying Kinetics and Quality Analysis, In Proceedings of the 5th European Drying Conference. 195-201.

[75] Omidbeigi, R., Sefidkon, F. & Kazemi, F. 2003. Influence of drying methods on the essential oil composition of Roman Chamomile. Flavour and Fragrance Journal. 19: 196-198.

[76] Khangholi, S., & Rezaeinodehi, A. 2008. Effect of drying temperature on essential oil content and composition of Sweet Wormwood (*Artemisia annua*) growing wild in Iran, Pakistan Journal of Biological Science. 11: 934-937.

[77] Catania, P., Gaglio, R., Orlando, S., Settanni, L. & Vallone, M. 2020. Design and Implementation of a Smart System to Control Aromatic Herb Dehydration Process. Agriculture. 10, 332.

[78] Mohammadizad, H. A., Mehrafarin, A. & Naghdi Badi, H. 2017. Qualitative and quantitative evaluation of essential oil of Catnip (*Nepeta cataria* L.) under different drying conditions.Journal of Medicinal Plants and By-products. 16: 8-20. (In Farsi)

[79] Yazdani, D., Shahnazi, S., Jamshidi, A. H., Rezazadeh, S. A. & Mojab, F. 2006. Study on variation of essential oil quality and quantity in dry and fresh herb of thyme and tarragon. Journal of Medicinal Plants. 5(17): 7-15. (In Farsi)

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of different drying methods on some phytochemical traits of Chuchak (*Eryngium caeruleum* Trautv.)

Nourzad, S. [1], Naghdi Badi, H. [2,3*], Kalateh Jari, S. [4], Mehrafarin, A.[5], Saeidi-Sar, S. [6]

1. Ph.D. candidate, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
3. Medicinal Plants Research Center, Shahed University, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
5. Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran.
6. Departmentt of Agricultural Science, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

ABSTRACT

The post-harvest techniques of medicinal plants such as drying, is very important in their production cycle. The present study was carried out to evaluate the effect of different drying methods on some phytochemical traits of Chuchak in the spring of 2020 based on the completely randomized design with three replications. The chuchak samples were collected in the vegetative stage from the gardens of Noor city, Iran. The drying treatments were shade-drying at room temperature (25±3°C), sun-drying, oven-drying (45, 55 and 65°C), vacuum oven-drying (45, 55 and 65°C), microwave-drying (200, 500 and 800 watts), and fresh samples. The studied traits were moisture content based on fresh and dry weight, drying time and speed, ascorbic acid content, protein content, total carbohydrate content, total phenol and flavonoid content and antioxidant activity. The results of the variance analysis showed the significant effect of drying methods on all studied properties of the samples ($P \leq 0.01$). The mean comparison showed that the minimum drying time and the maximum speed drying were related to the microwave (800watts). The highest amount of ascorbic acid (385.72 µg/mg), protein (19.72%), total phenol (47.19 mg GA per 1 g dry matter), total flavonoids (50.96 mg quercetin per 1 g dry matter) as well as antioxidant activity (76.02%) was observed in the fresh plant and then in the oven-drying (55°C).

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 11/ 02
Accepted 2022/ 07/ 03

Keywords:

Eryngium caeruleum Trautv.,
Antioxidant activity,
Ascorbic acid,
Drying methods,
Total phenol.

DOI: 10.22034/FSCT.19.127.317
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.127.10.3

*Corresponding Author E-Mail:
Naghdi@imp.ac.ir