نشریه علمی تخصصی شباک
سال ششم، شماره ۱ (پیاپی: ۵۲)، فروردین ۱۳۹۹
ISSN: 2476-3667

# مروری بر اثر فاکتورها و روش‌های خشک کردن گیاهان دارویی در فرآیندهای پس از برداشت، روی کمیت و کیفیت گیاهان دارویی

**سیده زهره آزاده قهفرخی[۱]، صفورا جعفری ازان اخاری[۲]، سیده فاطمه آزاده قهفرخی [۳]**

## چکـیده

فرآیند پس از برداشت گیاهان دارویی اهمیت زیادی در چرخه تولید این گیاهان دارد، یکی از روش‌های مرسوم نگهداری گیاهان دارویی خشک کردن است. این فرآیند با کاهش رطوبت گیاه از فعالیت آنزیمی و میکروبی محصول کاسته و بر عمر انباری آن می‌افزاید. رسیدن به حد استاندارد رطوبت جهت دستیابی به حداکثر صرفه اقتصادی در بازار جهانی تجارت و حفظ فاکتورهای کمی و کیفی از دیگر مزایایی این فرآیند است. حفظ رنگ، بو، مزه، ماهیت شیمیایی و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی از مهمترین دغدغه‌های محققین می‌باشد. انتخاب روش مناسب خشک کردن گیاهان دارویی بسته به نوع اندام، محتوای رطوبتی آن و هدف از خشک کردن متفاوت است. با توجه به زمان بر بودن، نیاز به فضای زیاد، عدم کنترل شرایط محیطی، غیر یکنواختی در خشک شدن، احتمال اکسایش و کاهش میزان مواد موثره در روش‌های طبیعی از جمله آفتاب خشک، بهینه سازی فرآیند خشک کردن حائز اهمیت می‌باشد. دستیابی به روش‌های جدید می‌تواند موجب کاهش طول زمان خشک کردن و حفظ حداکثری فاکتورهای کمی و کیفی مدنظر شود. مطالعات متعددی در بررسی اثر خشک کردن بر ویژگی‌های اصلی گیاهان در سال‌های اخیر صورت گرفته است. این بررسی‌ها با هدف سازماندهی اطلاعات موجود در گیاهان مورد مطالعه، روش‌های خشک کردن و پارامترهای اندازه‌گیری آن‌ها بوده است. در نهایت تکنولوژی‌های نوین، به حداقل رساندن تغییرات خام را هدف قرار دادند.

**واژگـان کلـیدی:** خشک کردن، کارتنوئیدها، دمای خشک کردن

۱- کارشناسی ارشد مهندسی علوم باغبانی گرایش گیاهان دارویی، ادویه‌ای، نوشابه‌ای- *zohreazade2015@gmail.com*
۲- کارشناسی ارشد مهندسی علوم باغبانی گرایش گیاهان دارویی، ادویه‌ای، نوشابه‌ای
۳- کارشناس بهداشت عمومی



www.SID.ir

## ۱- مقدمه

در گیاهان دارویی علاوه بر ویژگی‌های بیوشیمیایی ذاتی خود گیاه، شرایط کشت و پرورش، زمان‌برداشت، عوامل جغرافیایی و محیطی و فرایندهای پس از برداشت نیز نقش حیاتی در کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه و در نتیجه کاربردهای بیولوژیکی دارویی و غذایی گیاهان دارویی و معطر دارند (Hassanpouraghdam et al, 2010). نتایج بررسی‌های انجام شده در زمینهٔ خصوصیات کیفی گیاهان دارویی و ادویه‌ای بیانگر تأثیر عوامل قبل و پس از برداشت و همچنین اثر متقابل آن‌ها می‌باشد (Subasinghe, 2007).

آب بخشی مهمی از مواد زیستی را تشکیل می‌دهد، خواص فیزیکی و شیمیایی محصولات تا حدود زیادی با توجه به محتوای رطوبتی آن‌ها تعیین می‌گردد (Oztekin & Martinov, 2007) از مهم‌ترین و در عین حال رایج‌ترین تمهیدات فیزیولوژی پس از برداشت گیاهان دارویی عملیات خشک کردن اندام‌های گیاهی (دارویی) جمع آوری شده است به طوری که اولین قدم در عملیات پس از برداشت جهت اجتناب از کاهش مواد ارزشمند این گیاهان فساد پذیر، 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 درمحصول که از طریق تبخیر (یا در مورد خشک کردن انجمادی به صورت تصعید)، تا حد رسیدن به یک آستانه‌ی خاص است تا با توقف فعالیت‌های آنزیمی میکروارگانیسم‌ها و مخمرها، بتوان محصولات را برای مدت طولانی انبار کرد (Soysal & Oztekin, 2001). خشک کردن بسیار مهم و تأثیر گذار می‌باشد زیرا تعیین کننده‌ی کیفیت نهایی محصول از نظر خصوصیات شیمیایی و مواد مؤثره است (Calixto, 2000; Oztekin & Martinov, 2007; Tankoa et al, 2005). برای گونه‌های مختلف گیاهی یک حداکثر رطوبت وجود دارد که در فارماکوپه‌های مختلف در سراسر جهان تجویز می‌شود (Calixto, 2000).

روش مناسب خشک‌کردن گیاهان دارویی، باید با توجه به نوع مواد مؤثره (آلکالوئید، اسانس، فلاونوئید و غیره) و اندام مورد استفاده انتخاب شود (Brovelli et al, 2002; Omidbeigi, 2005; Ozbek & Dadali, 2007). کمیت و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی به روش‌های مختلف خشک کردن و نیز به دماهای مختلف خشک کردن بستگی دارد (Sellami et al, 2011). دما و مدت زمان لازم برای خشک کردن از اصول مهم در این فرایند است و رطوبت اولیهٔ اندام گیاهی و کمّیت و کیفیت ماده‌ی مؤثره از عوامل تأثیرگذار در تعیین این دو عامل هستند (Omidbeigi, 2005). عملیات خشک کردن باید حداقل کاهش کیفیت را از نظرمواد مؤثره، رنگ، عطر و طعم درپی داشته باشد (Oztekin & Martinov, 2007).

نتایج مطالعات (Caceres, 2000) بیانگر این مطلب است که محتوای رطوبت گیاهان دارویی برای جلوگیری از آلودگی قارچی، آفلاتوکسین ۱۰ درصد بر پایه وزن تر می‌باشد وی همچنین نتیجه گرفت 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. در دارونامه‌های سراسر دنیا، میزان رطوبت نهایی بیشتر گیاهان دارویی خشک شده که امکان نگه‌داری رضایت‌بخش آن‌ها را تأمین نماید حدود ۸ تا ۱۲ درصد است (Rocha et al, 2011). 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 (Asekun et al, 2007).

## ۲- تأثیر خشک کردن بر گیاهان دارویی و معطر

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 اثر گذار 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 غیر قابل برگشت شود. هدف از طراحی تجهیزات خشک کردن، به حداقل رساندن این تغییرات نامطلوب است که با انتخاب شرایط مناسب برای خشک کردن ماده‌ی غذایی محقق می‌شود (Maskan, 2001). در برخی موارد خشک کردن سبب افزایش عملکرد اسانس بعضی از گیاهان معطر می‌شود چنین فرآیندی در برگ درخت چایی، بابونه رومی، و گونه‌ای اکالیپتوس گزارش شده است (Martinov et al, 2007; Omidbeigi, 2005). 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 (Omidbeigi, 2005). در پژوهشی عملکرد اسانس در گیاه پونه (*Mentha longifolia* L. subsp. Capensis) در حالت خشک شده ۳ برابر بیش‌تر نسبت به گیاه تازه گزارش شده است (Asekun et al, 2007). پوست تازه گیاه (سیاه توسه) به واسطه وجود برخی ترکیبات شیمیایی پروتئینی، تهوع آور است، ولی پس از خشک شدن، ترکیبات مذکور تجزیه شده و به ماده‌ی گیاهی مسهل و ملین تبدیل می‌گردد. شابیزک


www.SID.ir

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 مزه‌ی اندام‌های گیاهی می‌شود (Omidbeigi, 2005).

## ۳- تأثیر فاکتورهای خشک کردن روی کیفیت گیاهان دارویی

### ۳-۱- تأثیر زمان خشک کردن بر گیاهان دارویی و معطر

تعیین مدت زمان خشک کردن محصولات کشاورزی نیز اهمیت بسیاری دارد (Hevia et al, 2002). 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 (علیباس، ۲۰۰۷). کاهش زمان خشک کردن محصولات گیاهی در کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی جهت خشک کردن اهمیت دارد (Caceres, 2000). معمولا زمان‌های طولانی‌تر و دماهای بالاتر سبب اتلاف بیشتر رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنویید می‌شود (Borchani et al, 2011) خشک کردن سریع و کامل گیاهان حاوی اسانس، به حفظ رنگ و اسانس آن‌ها کمک می‌کنند (Martinov et al, 2007). به طور کلی سرعت بالای خشک کردن و در نتیجه کاهش انرژی ورودی از تبخیر ماده مؤثره و اجزای آروماتیک جلوگیری می‌کند (Venskutonis, 1997). 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 (Khorramdel et al, 2013).

با افزایش دما در روش آون و با افزایش توان دستگاه در روش مایکروویو، زمان خشک کردن برگ‌های آگاستاکه‌کاهش یافت و این یافته‌ها با نتایج (Azizi et al, 2009) در گیاه بابونه، (Ebadi et al, 2011) در گیاه مرزه، (Nemati et al, 2011) در آویشن دنایی مطابقت داشت. در گیاه مرزه خشک کردن برگ‌ها تا رسیدن به رطوبت ۱۰ درصدبر پایه وزن خشک با روش مایکروویو تحت توان ۷۰۰ وات در مقایسه با آون در دمای ۵۰ درجه، زمان خشک کردن را ۸۴ برابر کاهش می‌دهد (آرسلان و ازکان، ۲۰۱۲). نتایج مشابهی در گیاه جعفری (*Petroselinum crispum* mill) گزارش شد (Soysal, 2004). در گیاه مرزه طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین زمان خشک کردن به ترتیب در سایه و مایکروویو ۹۰۰ وات بوده و همچنین روش سایه و آون ۵۰ درجه اگرچه از بالاترین درصد اسانس برخوردار است ولی بر اجزای اصلی اسانس (کارواکرول و گاماترپینن) اثر منفی گذاشتند. در مقابل، کمترین درصد اسانس و بالاترین محتوای کارواکرول در روش مایکروویو بدست آمد (Ebadi et al, 2011). روش مایکروویو و آون در مقایسه باروش طبیعی، زمان خشک کردن سرشاخه های گلدار ریحان را به صورت معنی داری کاهش داد (Ebadi et al, 2013).

افزایش سرعت جریان هوای داخل خشک کن و درجه حرارت و افزایش توان مادون قرمز سرعت خشک شدن را افزایش داد (Salehi et al, 2014). خشک کردن سریع و کامل گیاهان حاوی اسانس،برکیفیت رنگ و اسانس آن‌ها کمک می‌کند. افزایش دمای خشک کردن مریم گلی در دماهای ۳۰ درجه و دمای بالاتر یعنی از ۳۰ به ۵۰ درجه، سبب کاهش ۹۰ درصد زمان خشک کردن می‌شود. اما در این دما میزان اسانس تا ۱۵ درصد کاهش می‌یابد و رنگ اسانس از سبز به خاکستری تغییر می‌کند (Martinov et al, 2007). اثر مثبت التراسونیک در خشک کردن موجب کاهش زمان خشک شدن از ۲۳۵ دقیقه با همرفتی به ۱۶۰ در دقیقه به کمک التراسونیک شد (Kowalski & Pawłowski, 2015).

محققان نشان دادند که اولتراسونیک در موز و خربزه قبل از خشک شدن همرفتی، سبب ۲۵ درصد کاهش زمان خشک شدن، و در مورد آناناس سبب ۳۰ درصد کاهش زمان در مقایسه با زمان شاهد شد (Fernandes & Rodrigues, 2007; Fernandes, 2008). حسین و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که 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. عبادی ۲۰۱۳ نیز در تحقیقی نشان داد با کاهش سرعت جریان هوا و افزایش میزان شدت تابش مادون قرمز، زمان خشک شدن نمونه‌ها کاهش یافت (Hossain et al, 2010).

### ۳-۲-تأثیر دمای خشک کردن بررنگ گیاهان دارویی و معطر

فرآیند خشک کردن بر خصوصیات سطحی مواد غذایی اثر می‌گذارد و در نتیجه قابلیت انعکاس نور و رنگ مواد غذایی را تغییر داده، دمای بالا و اکسیداسیون طی خشک کردن باعث تغییرات شیمیایی در رنگدانه‌های کلروفیل و کارتنویید می‌شود (Borchani et al, 2011; Fernandes et al, 2008). دمای خشک کردن تأثیر بسزایی بر رنگ گیاهان دارویی و معطر دارد. خصوصیات رنگ گیاه نعنای فلفلی تازه و خشک شده تحت تأثیر دمای هوای خشک کردن قرار دارد. به طور مثال آزمون‌های آماری نشان می‌دهند که خصوصیات رنگ برگ‌های نعنای فلفلی تازه به نحو بارزی با نعنای فلفلی خشک شده در دماهای مختلف تفاوت دارد.



www.SID.ir

دماهای بالا باعث زوال ناگهانی رنگ و سوختگی محصول می‌شود. بنابراین دمای پایین‌تر از ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به عنوان دمای بهینه برای خشک کردن و به دست آوردن محصولات با کیفیت از لحاظ رنگ، در نظر گرفته می‌شود (سویسال، ۲۰۰۰). ارسلام و ازکان (۲۰۰۸) اثر روش‌های مختلف خشک کردن را بر روی رنگ برگ‌های رزماری بررسی کردند و دریافتند در روش مایکروویو رنگ برگ‌ها به میزان بیشتری نسبت به روش خشک کردن خورشیدی حفظ شده است. رحیم ملکی و گلی (۲۰۱۳) نشان دادند که خشک کردن در آون با درجه حرارت بالا منجر به کاهش قابل توجهی در کیفیت رنگ برگ آویشن شد در حالیکه خشک کردن با ریزموج کوتاهترین زمان، کیفیت بالای رنگ و افزایش عمده ترکیبات را در برداشت (Rahimmalek & Goli, 2013). نوزاد و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی کاربرد امواج مادون قرمز بر میزان اسانس و میزان تغییر رنگ برگ‌های نعناع پرداختند، نتایج آن مطالعات نشان داد که دمای نمونه در تمام سطوح و شدت تابش‌مادون قرمز و فاصله لامپ‌های مادون قرمز تا سطح نمونه موجب کاهش زمان خشک کردن و افزایش میزان تغییر رنگ برگ‌های خشک نعناع شد و با افزایش فاصله لامپ‌های مادون قرمز تا سطح نمونه در تمام سطوح دمای نمونه و شدت تابش مادون قرمز و همچنین خشک کردن افزایش یافت اما میزان اسانس و میزان تغییر رنگ نمونه کاهش یافت (Nozad et al, 2014) .توپز و همکاران (۲۰۰۹) اثر روشهای مختلف خشک (انجمادی، سایه، و آون) را بر روی رنگ فلفل قرمز مورد بررسی قرار دادند، آنها در این تحقیق دریافتند که خشک کردن انجمادی بهترین روش حفظ رنگ است به خاطر این که رنگیزه ها توسط حرارت و اکسیداسیون تخریب نمی‌شوند(Topuz et al, 2009).

### ۳-۳- تأثیردمای خشک کردن بر انرژی ویژه‌ی خشک کردن گیاهان دارویی و معطر

یکی از مهم‌ترین فاکتورهای خشک کردن، مصرف انرژی ویژه است که به صورت مگاژول انرژی گرمایی بر کیلوگرم آب حذف شده تعریف می‌شود که با توجه به نوع محصول و دمای خشک کردن متفاوت است (Oztekin & Martinov, 2007). همچنین دمای لازم برای خشک کردن بیشتر به نوع محصول و جنبه‌های کیفی آن بستگی دارد. مدت زمان قرارگیری محصول در مجاورت دمای بالا نیز کیفیت نهایی محصول را تعیین می‌کند (Najafi et al, 2012). در محصولات دانه–ای، مصرف انرژی بین ۳/۵ تا ۵ مگا ژول بر کیلوگرم است (Sokhansanj, 1997). اولتراسونیک به طور عمده سبب حذف رطوبت بدون بالا بردن انرژی حرارتی در طی خشک کردن می‌پردازد (Riera et al, 2011). این نشان دهنده‌ی یک پیشرفت در زمینه‌ی پردازش غیر حرارتی و صرفه جویی در انرژی است. این فرآیند باعث افزایش بهره‌وری خشک شدن محصولات بیولوژیکی بدون بالا بردن میزان قابل توجه دما می‌شود (Gallego-Juárez et al, 2010).

### ۳-۴-اثرات دمای خشک کردن روی مواد موثره گیاهان دارویی

گیاهان دارویی عمدتاً نسبت به درجه حرارت‌های بالا حساسند و دمای نامناسب سبب تغییراتی در مواد مؤثره آن‌ها می‌شود، معمولاً از دماهای بالا برای خشک کردن گیاهان دارویی استفاده نمی‌کنند. چنان‌چه برای خشک کردن اندام‌ها از درجه حرارت‌های بسیار بالا و همچنین تهویه‌های سریع استفاده شود، آب موجود در قسمت‌های خارجی به سرعت خارج می‌گردد ولی رطوبت قسمت های میانی اندام امکان خروج نمی‌یابد و در همان‌جا باقی می‌ماند که در این حالت قسمت‌های خارجی اندام به صورت قهوه‌ای و برشته در می‌آید و رطوبت موجود در قسمت‌های میانی آن باعث تجزیه و فاسد شدن مواد مؤثره‌ی موجود می‌گردد. باید توجه داشت که افزایش بیش از حد دما، سبب کاهش مقدار اسانس می‌شود. درجه حرارت مطلوب برای خشک کردن اندام‌هایی که حاوی اسانس می‌باشد ۳۰–۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گزارش شده است، (Martinov et al, 2007; Omidbeigi, 2005). دماهای پیشنهادی برای خشک کردن گیاهان دارویی با توجه به نوع ماده مؤثره در آن‌ها متفاوت است و چنین دسته بندی شده است: برای گلیکوزیدها تا ۱۰۰ درجه سلسیوس، برای گیاهان لعاب دارتا ۶۵ درجه‌ی سلسیوس، برای گیاهان دارای اسانس تا ۴۵ درجه سیلسیوس می‌باشد گیاهان آلکالوییددار حساسیت کمتری در برابر درجه حرارت بالا دارند و دمای مناسب خشک کردن این گیاهان ۶۰ تا ۷۰درجه‌ی سلسیوس است به استثناء تاتوره، تاجریزی و پروانش صغیر که از جریان هوای داغ برای خشک کردن استفاده می‌شود، درجه حرارت بالای ۸۰ درجه‌ی سلسیوس سبب تخریب کلروفیل و تغییر رنگ طبیعی آن‌ها می‌شود ( Heindl & Muller, 1997; Martinov et al, 2007). یک رابطه خطی بین دمای خشک کردن و کاهش اسانس برگ‌های ترخون وجود دارد (Arabhosseini et al, 2009).

### ۳-۵-تأثیر رطوبت نسبی هوا بر خشک کردن گیاهان دارویی و معطر

رطوبت نسبی هوا معیار ظرفیت هوا برای جذب رطوبت از محصول در هنگام خشک کردن است. در طول فرآیند خشک کردن دو تغییر در هوای خشک کننده روی می‌دهد. در نتیجه‌ی انتقال همرفتی گرما، دمای هوا کم شده و آب به شکل بخار از محصول گرفته می‌شود که هر دو عامل باعث افزایش رطوبت نسبی هوا می‌شوند. جذب آب از محصول به شدت تحت تأثیر رطوبت نسبی


www.SID.ir

هواست. شدت جذب توسط محصول نیز تحت تأثیر رطوبت نسبی هواست. هرچه میزان آب بالاتر و در قسمت سطحی محصول بیشتر باشد، شدت جذب رطوبت هم بالاتر می‌رود. این همان رویدادی است که در مرحله اول خشک کردن محصول تر، رخ می-دهد. هر چه رطوبت هوا بالاتر باشد فرآیند خشک کردن طولانی‌تر می‌شود. تأثیر رطوبت نسبی بر فاکتورهای کیفی مریم گلی و آویشن گزارش شده که زیر ۴۰ درصد، کاهش اسانس چندان بارز نیست (Muller, 1992).

### ۳-۶- تأثیر سرعت جریان هوا بر خشک کردن گیاهان دارویی و معطر

تأثیر سرعت جریان هوا بر خشک کردن همرفتی به حجم جریان هوا در داخل خشک کن و افت فشار هوا بستگی دارد. قدرت دستگاه تهویه و سایر مشخصات آن توسط این پارامترها مشخص می‌شوند. سرعت جریان هوا بر میزان انتقال گرما بین خشک کن و محصول تأثیر می‌گذارد. حجم هوای مورد نیاز برای خشک کردن بستگی به سرعت جریان هوا و سطح تماس هوا با قسمت گرمکن دارد. البته در سیستم باز باید انرژی گرمایی برای گرم کردن هوا کافی باشد. سرعت جریان هوا با توجه به نوع بافت گیاه و نوع گونه گیاه یکسان است اما به علت کاهش فشار هوا در مراحل نهایی خشک کردن، سرعت جریان هوا را می‌توان برای ذخیره-ی انرژی کاهش داد. سرعت جریان هوا در خشک کن‌های نواری معمولاً بیشتر از ۰/۷۵ متر بر ثانیه است (Oztekin & Martinov, 2007)

عبادی و همکاران (۲۰۱۶) در یک تحقیق به بررسی تأثیر سرعت جریان هوا و شدت تابش مادون قرمز بر زمان خشک کردن، درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی بهلیمو پرداختند. سرعت جریان هوا در سه سطح (۰/۵، ۱، ۱/۵ متر بر ثانیه) و سه سطح شدت تابش مادون قرمز (۰/۲، ۰/۳، ۰/۵ وات بر سانتی متر مربع) بود. با کاهش سرعت جریان هوا و افزایش میزان شدت تابش مادون قرمز، زمان خشک شدن نمونه‌ها کاهش یافت، به طوری که کم‌ترین مدت زمان خشک کردن ۳۵ دقیقه مربوط به تیمار سرعت جریان هوا ۰٫۵ متر بر ثانیه و شدت تابش w/cm2 5/0 بود و بیش‌ترین زمان ۶۵ دقیقه مربوط به تیمار سرعت جریان هوا m/s 5/1 و شدت تابش w/cm2 3/0 تعلق داشت. افزایش شدت تابش مادون قرمز در تمامی سرعت جریان هوا سبب افزایش درصد اسانس شد، به طوری که بیش‌ترین میزان اسانس در تیمار استفاده از جریان هوا m/s 1 و ۱/۵ همراه با استفاده از شدت تابش w/cm2 5/0 بدست آمده بود. بیشترین میزان مونوترپن‌های اکسیژن‌دار بخصوص سیترال ۳ مربوط به اسانس نمونه‌های خشک شده با سرعت جریان هوای m/s 5/0 همراه با تابش مادون قرمز w/cm2 2/0 بود (Ebadi et al, 2016). رودریگز و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که افزایش سرعت خشک شدن سبب کاهش زمان و افزایش ارزش آنتی‌اکسیدان گیاه دارویی آویشن خشک شده می‌گردد (Rodrigueza et al, 2013).

### ۳-۷- کنترل میزان رطوبت ماده گیاهی

آگاهی از میزان رطوبت اولیه گیاه دارویی اهمیت زیادی دارد زیرا در تصمیم‌گیری‌های مربوط به پارامترهای خشک کردن اثر گذار است (Oztekin & Martinov, 2007). مخمرها، کپک‌ها و باکتری‌ها در رطوبت نسبی بالای ۷۰ درصد رشد می‌کنند، از سوی دیگر، فعالیت آنزیمی در رطوبت بالای ۶۰ درصد شدت می‌یابد. بنابراین میزان رطوبت نهایی ماده گیاهی باید به میزان متعادلی برسد تا با رطوبت نسبی ۶۰ درصد دمای انبار مورد نظر هماهنگی داشته باشد خشک کردن بیش از حد که سبب خشکی محصول بیش از رطوبت نهایی تعریف شده باشد، غیر اقتصادی است زیرا زمان اضافی خشک کردن ظرفیت خشک‌کن را کم و مصرف انرژی را بالا می‌برد و از طرف دیگر ممکن است کیفیت محصول را پایین بیاورد (Najafi et al, 2012). معمولا اندام-های مختلف گیاهان پس از جمع آوری حاوی مقادیر فراوان رطوبت (۶۰_۸۰ درصد) می‌باشد، لذا این شرایط برای حمله‌ی قارچ‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌ها بسیار مناسب است، به این دلیل، نگهداری اندام‌های جمع آوری شده را حتی برای مدت بسیار کوتاه غیر ممکن 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 (Azizi et al, 2009; Omidbeigi, 2005).

## ۴- تأثیر روش‌های معمول خشک کردن بر مقدار برخی ترکیبات گیاهان دارویی و معطر

### ۴-۱- اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر روی میزان اسانس گیاهان دارویی

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 (Asekun et al, 2007). بنابراین انتخاب روش مناسب خشک کردن گیاهان دارویی که بسته به نوع اندام، هدف خشک کردن و محتوی رطوبتی متفاوت



www.SID.ir

می‌باشد (Omidbaigi et al, 2003). فرآیند خشک کردن بر درصد و اجزای اسانس نیز تأثیر قابل توجهی دارد و این اثر با توجه به دمای خشک کردن، طول مدت خشک کردن و گونه‌ی گیاهی متفاوت است (Yazdani et al, 2006). خشک کردن با مایکروویو به علت زمان کم مورد نیاز برای خشک کردن نمونه‌ها و حفظ کیفیت ظاهری نمونه‌ها دارای برتری نسبت به دیگر روش‌های مورد مقایسه بوده است اما به دلیل اثر منفی روی میزان اسانس نیاز به تحقیقات بیشتر در این مورد است ( Ghani & Azizi, 2009). روش خشک کردن با آون در دمای ۴۰ درجه سلسیوس سبب تبخیر یا تغییر ترکیب‌های اصلی اسانس گیاه پونه (*Mentha longifolia* L. subsp. Capensis) شد (Asekun et al, 2007). در گیاه مرزه بالاترین میزان اسانس به ترتیب در روش آون با دمای ۴۵ درجه سلسیوس، سایه و آفتاب بود (Sefidkon et al, 2006).

برتری روش‌های طبیعی خشک کردن نسبت به روش آون در دماهای مختلف بر مقدار اسانس گیاهان دارویی گزارش شده است (Maureen, 2000). در روش‌های خشک کردن بابونه بیشترین اسانس مربوط به سایه با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و کمترین میزان مربوط به آون با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس است (Ghani & Azizi, 2009).بیشترین اسانس در بابونه آلمانی در سایه نسبت به آفتاب و دمای ۴۰ درجه سلسیوس بدست آمد (Omidbaigi et al, 2003). اگر گیاهانی مانندمرزه، اسطوخدوس، نعنا، بادرنجبویه، رزماری در آفتاب خشک شوند اسانس آن‌ها به مقدار ۲۴ درصد کاهش می‌یابد، در حالی که در سایه اسانس این گیاهان تنها ۱ درصد کاهش می‌یابد علت کاهش در آفتاب تشعشعات منفی آفتاب برمیزان اسانس نمونه‌ها می‌باشد ( Omidbeigi, 2005). در ۵ گونه بومادران بیشترین میزان اسانس مربوط به خشک کردن در سایه نسبت به آفتاب مشاهده شد ( Ghani & Azizi, 2009). در تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن برکمیت و کیفیت اسانس گل محمدی نشان داده است که اسانس حاصل از گلبرگ‌های خشک شده در سایه نسبت به اسانس حاصل از دماهای ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس آون و روش آفتاب از لحاظ میزان اسانس دارای تفاوت معنی‌داری نبود ولی میزان سیترونلول و ژرانیول بالاتری داشت و دارای درصد ترکیب‌های مومی و سنگین کاهنده کیفیت اسانس کمتری بود (Ahmadi et al, 2008). خشک کردن در سایه بالاترین میزان درصد اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L) را نسبت به سایر روش‌ها سبب شد (Ebadi et al, 2011). برتری روش سایه در بابونه رومی (Omidbaigi et al, 2003)، گل محمدی (Ahmadi et al, 2008)، بابونه آلمانی (Azizi et al, 2009)، بادرشبی (Mohtashami et al, 2012)، ریحان (Ebadi et al, 2013)، پونه (Hassanpouraghdam & Hassani, 2014) گزارش شده است. در گیاه ریحان روش سایه نسبت به مایکروویو و آفتاب بیشترین میزان اسانس را داشته است و اجزای اصلی اسانس در حد مطلوب حفظ شدند و به طور میانگین بیشتر از ۳ برابر توان‌های مختلف مایکروویو و روش خشک کردن در آفتاب بود (Ebadi et al, 2013). بالاترین اسانس آویشن، بادرنجبویه، بابونه، ترخون، نعنا فلفلی، در روش سایه بود ( Khorramdel et al, 2013).

## ۴-۲- اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان ویتامین ث در گیاهان دارویی

در میان ویتامین‌ها، ویتامین ث دارای کمترین پایداری نسبت به دما می‌باشد. اسید آسکوربیک در آب محلول است و به سهولت از آب خارج می‌شود (فتحی و همکاران، ۲۰۱۰). اثر افزایش غلظت قندها در خشک کردن به روش اسمزی در کاهش ویتامین ث به دلیل بروز واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی می‌باشد و در خصوص اثر افزایش دما بر کاهش ویتامین ث به دلیل حساسیت این ویتامین به دماهای بالا است. که موجب تخریب و از بین رفتن آن می‌شود. افزایش دمای خشک کردن سبب کاهش ویتامین ث نمونه‌های خشک شده می‌شود (Etemadi et al, 2013).استادزاده و النگی (۲۰۱۶) به بررسی اثر فرآیند خشک کردن بر خصوصیات کمی و کیفی برگ گیاه علف چشمه پرداختند. نتایج نشان داد بیشترین میزان ویتامین ث، آهن و کلسیم به ترتیب در تیمارهای خشک شده با آون ۶۰ درجه (۶/۹ میلی گرم بر درصد گرم)، آفتاب ( ppm8/519) و مایکروویو (۰/۵۲۳ گرم درصد) حاصل گردید. بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی به تیمار خشک شده با مایکروویو ۳۶۰ وات تعلق داشت (Ostadzadeh & Alangi, 2016). طالب زاده و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی تاثیر روش‌های خشک کردن و انبارداری بر خصوصیات بیوشیمیایی گیاه دارویی زرشک بی دانه پرداختند. نتایج نشان دهنده تاثیر معنی‌دار روش‌های خشک کردن (آفتاب، سایه، آون، مایکروویو و خشک کن کابینتی) و انبارداری بر میزان آنتوسیانین و میزان ویتامین ث، اسیدیته و قند بریکس نمونه‌ها بود (Talebzadeh et al, 2014).

## ۴-۳-اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان ترکیبات فنولی و فلاونوییدی در گیاهان دارویی

ترکیبات فنولی گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه‌ی گیاهی بوده 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


www.SID.ir

ثانویه در گیاه با هم ارتباط دارند (Podsędek, 2007). 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 خانوادهٔ نعناعیان، بیشترین ترکیبات فنولی، رزمارینیک اسید و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در روش طبیعی گزارش شد (Hossain et al, 2010). در گیاه بادرشبویه خشک کردن در سایه نسبت به آفتاب، سایه و دماهای مختلف آون به حفظ ترکیبات فنولی کمک کرد (Mohtashami et al, 2012). در خصوص بهینه سازی روش‌های خشک کردن در گیاه چای سبز *Camellia sinensis* مؤید این مطلب بود که تیمار مایکروویو با توان متوسط و بالا ( ۵۰۰ تا ۸۰۰ وات) منجر به حفظ ترکیبات فنولی و فلاونوئیدهای این گیاه به بهترین شکل ممکن شد که ممکن است ناشی از غیرفعال شدن آنزیم‌ها در تیمار با مایکروویو باشد (Gulati et al, 2003). تیمار مایکروویو ۶۰۰ وات در گیاه همیشه بهار استخراج ترکیبات فنولی را بهبود بخشیده و با کاهش زمان خشک کردن سبب حفظ این ترکیبات شده است (Tabrizi et al, 2015). در گیاه کلمانتین مقدار ترکیبات فلاونوییدی با افزایش توان مایکروویو از ۱۲۵ وات در ۵ دقیقه به ۲۵۰ وات در ۱۰ دقیقه سبب افزایش فلاونوییدها و افزایش به ۵۰۰ وات و زمان ۱۵ دقیقه سبب کاهش شدید این ترکیبات شد و دلیل این امر، تاثیر مخرب امواج الکترومغناطیسی مایکروویو بر ساختار فلاونوییدها عنوان شده است (Hayat et al, 2010). افزایش میزان فلاونویید کل در آون ۸۰ درجه سلسیوس به دلیل غیر فعال شدن آنزیم‌های موثر در تجزیه و تخریب فلاونوییدها بوده، چنانچه آون ۶۰ درجه سلسیوس نیز به دلیل فرآهم شدن دمای مطلوب این آنزیم‌ها سبب کاهش فلاونویید کل می‌شود. این نتایج در آزمایشات کوئرستین نیز قابل مشاهده است (Rohn et al, 2007). 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 (۹۰ درجه سلسیوس) به دلیل فراهم شدن پیش‌سازهای ترکیبات فنولی به همراه تبادلات غیرآنزیمی بین ملکول‌ها، گزارش کردند (Hossain et al, 2010). از دست دادن ظرفیت آنتی اکسیدان، محتوای پلی فنول و فلاونوئید کل در طول خشک کردن همرفتی سیب نیز توسط رودریگز (۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شده است که افزایش قدرت التراسونیک باعث کاهش در پلی فنل کل و محتوای فلاونوئید به طور مستقل از درجه حرارت خشک کردن می‌شود (Rodríguez et al, 2014). خشک کردن دمای پایین سیب همچنین مورد بررسی قرار داده شد (Santacatalina et al, 2016; Santacatalina et al., 2014). گفته شد که اولتراسونیک باعث کاهش تمام پارامترهای مورد بررسی، به عنوان مثال ظرفیت آنتی اکسیدان، پلی فنل کل و محتوای فلاونوئید می‌باشد. اولتراسونیک در طول خشک کردن انبه، موز و دیگر گیاهان موجب کاهش در فعالیت آنتی‌اکسیدان کل و محتوای پلی فنل کل می‌شود (Méndez et al, 2015).

## ۴-۴- اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان کارتنویید

افزایش کارتنوییدها در توان‌های بالای مایکروویو به دلیل اثر مثبت امواج مایکروویو بر آزاد سازی این ترکیبات از طریق گسستن پیوندهای این ترکیبات با غشا یا سایر رنگدانه‌ها می‌باشد. در تیمارهای حرارتی، کارتنوییدها به دلیل نقش حرارت در تخریب و تجزیه‌ی این ترکیبات به شدت کاهش می‌یابد، در گیاه گشنیز عملکرد مثبت مایکروویو در خصوص افزایش کارتنویید نسبت به تیمار آون مشاهده شد (Divya et al, 2012). تیمار خشک کردن به روش طبیعی بعد از مایکروویو سبب بالاترین ترکیبات کارتنویید کل شد و همچنین در فلفل برتری روش خشک کردن در دمای اتاق نسبت به دماهای بالا در حصول رنگدانه-های کارتنویید گزارش شد (Sablani, 2006).

تیمارانجماد سخت سبب حفظ کارتنوییدها به بهترین نحو ممکن شد (Topuz et al, 2011). شواهدی مبنی بر سنتز مجدد کارتنوییدها بعد از خشک شدن وجود دارد.که کارتنویید زرد و ترکیبات ساده کارتنوییدی را به منزله‌ی پیش‌ترکیب معرفی کرده است که با تغییر و تبدیل این ترکیبات، رنگدانه کارتنوییدی جدید ایجاد می‌کند (Topuz et al, 2011). همبستگی معناداری بین کارتنویید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد. تغییرات فعالیت آنتی–اکسیدانی از روندی همسو با مقدار کارتنویید کل برخوردار بود و همبستگی مثبتی بین فلاونویید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد (Tabrizi et al, 2015). یکی دیگر از گروه‌های مهم مواد غذایی، رنگ‌های طبیعی، مانند کارتنوئیدها، آنتی اکسیدانین و غیره می‌باشد (Kroehnke et al, 2015). حفظ کارتنوئید ها پس از خشک کردن همرفتی و مایکرویو–همرفتی هویج بدون افزایش اولتراسونیک بود. این نتیجه حاصل شد که اولتراسونیک تاثیر مثبت در حفظ مواد در حال خشک شدن همرفتی و همچنین حفظ کارتنوئید را در خشک کردن مایکرویو–همرفتی هویج بهبود می‌بخشد (Konopacka et al, 2015).

## ۴-۵-اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر میزان آنتی‌اکسیدان

اثر تیمارهای مایکروویو، سایه و آفتاب بر روی گیاه *Cardiospermum halicacabum* L. بیانگر افزایش فعالیت آنتی–اکسیدانی در تیمار مایکروویو ۹۰۰ وات و سایه بود. آنان اظهار داشتند که ایجاد حرارت درون مادهٔ گیاهی در تیمار مایکروویو به


www.SID.ir

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 آنتی اکسیدانی فراهم کرده، بلکه با ایجاد یک روند کند برای خشک شدن سبب حفظ این ترکیبات شده است. 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 (Tomaino et al, 2005). مایکروویو با توان بالا با تغییر یا تخریب در ساختار غشاها منجر به آزاد شدن این ترکیبات شده است. چنانکه افزایش معنی‌دار فعالیت آنتی‌اکسیدانی آویشن، رزماری، مریم‌گلی، ریحان، مرزنجوش بستانی پس از خشک شدن نسبت به شاهد گزارش شده است (Hossain et al, 2010). عنوان شده است دماهای بالا سبب کاهش آنزیم‌ها به ویژه کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. از این رو احتمالاً کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دماهای ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس آون به دلیل تأثیر دما بر عملکرد آنزیم‌ها و کاهش آنزیم‌ها بوده است (Tabrizi et al, 2015). از سوی دیگر (Konopacka et al, 2015) اظهار داشت که اولتراسونیک بدون تاثیر در محتوای نهایی آنتی اکسیدان در ذغال اخته خشک شده بود. (Kroehnke et al, 2015) نشان داده‌اند که فعالیت آنتی اکسیدانی هویج با التراسونیک برای پروسه خشک کردن همرفتی و مایکروویو–همرفتی بهبود یافته بود.

## ۴-۶-مزایا و معایب روش‌های خشک کردن معمول گیاهان دارویی

فرایندهای پس از برداشت گیاهان دارویی اهمیت زیادی در چرخه تولید این گیاهان دارند، زیرا آن‌ها به‌طور مستقیم بر کمیت و کیفیت ترکیب‌های فعال محصول قابل عرضه اثر می‌گذارند (Silva & Casali, 2000). هدف اصلی این فرآیند، متوقف کردن فعالیت‌های آنزیمی، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها به منظور افزایش مدت انبارداری می‌باشد. روش خشک کردن به میزان و نوع رطوبت موجود در اندام‌های گیاهی بستگی دارد (Soysal & Oztekin, 2001). فرآیند خشک کردن میزان ماده‌ی مؤثره گیاهان و محتوای اجزای کیفی گونه‌های گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا تأثیر بسزایی بر ارزش اقتصادی این گونه‌ها داشته و بایستی به دقت نوع روش مناسب برای خشک کردن و میزان انرژی و درجه حرارت ورودی برای کاهش محتوای رطوبتی آن‌ها تعیین شود (Khorramdel et al, 2013). روش‌های خشک‌کردن‌متعددی نظیر خشک‌کردن در سایه و آفتاب، خشک‌کردن درآون تحت‌دماهای مختلف، استفاده از امواج مایکروویو، خشک کن انجمادی و خشک‌کن با هوای داغ برای گیاهان دارویی و معطر مورد استفاده قرار گرفته‌اند که هر یک دارای مزایا و معایبی هستند (Hassanpouraghdam et al, 2010).

روش‌های سنتی مانند خشک کردن در آفتاب، در بسیاری از کشورها به خصوص زمانی که دمای هوا ۳۰ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر باشد برای بسیاری از گیاهان مرسوم است که از جمله این معایب تاثیر منفی بر کیفیت ظاهری و مواد موثره گیاهان دارویی است (Arsalan & Ozcan, 2008; Martinov et al, 2007; Omidbeigi, 2005). قرارگرفتن‌درمعرض آلودگی‌های محیطی، تاثیر منفی تغییرات آب و هوایی، کار و زحمت زیاد و نیز عدم دستیابی به استانداردهای ثابت کیفیت این روش را با محدودیت‌هایی روبرو کرده است، از جمله امکان جابه جایی مقادیر زیاد ماده‌ی گیاهی وجود نداشته و دستیابی به استانداردهای ثابت کیفیت مقدور نمی‌باشد. علاوه بر این دمای بالا و تشعشعات شدید خورشید اثر منفی بر کیفیت نمونه‌ها دارد و موجب کاهش ویتامین‌ها، اسانس‌ها و یا تغییر در رنگ محصول خشک شده می‌شود (Soysal & Oztekin, 2001). از دیگر روش‌ها خشک کن انجمادی است که روش مناسبی جهت تولید محصولی با ساختار متخلخل و با کیفیت بالا می‌باشد، اما گران قیمت بوده و برای هر محصولی قابل استفاده نمی‌باشد (Jun et al, 2011). این روش برای خشک کردن محصولاتی که نسبت به حرارت حساس و نیز گیاهانی ظریف و با ارزش مانند برخی گیاهان دارویی، شیوه‌ای مفید می‌باشد، در این روش عطر و طعم یا کاهش ندارد و یا تغییر بسیار اندک است، چون دمای پایین خشک کردن، از فرآیندهای نامطلوب تخریب و فساد جلوگیری می‌کند و محصول خشک شده کیفیت بالاتری دارد. بزرگ‌ترین مشکل این سیستم هزینه بالای آن است، سرعت خشک کردن پایین است، محصول نهایی میزان بسیار کمی نم خواهد داشت، بنابراین سبب کاهش برخی هزینه‌ها از قبیل حمل و نقل، سرماسازی و انبارداری می‌گردد. در این خشک‌کن اکسیداسیون چربی، قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی، دناتوره شدن پروتئین‌ها مشاهده می‌شود (Tavakoli-pour et al, 2008). خشک‌کردن‌باامواج مایکروویو نیز یکی ازروش‌های جدید در خشک کردن گیاهان می‌باشد. کوتاه بودن زمان خشک کردن در این روش از مزایای مهم آن است (Blose, 2001). اشعه‌های میکروویو با پخشیدگی سریع و مؤثر در ماده گیاهی، با خشک کردن سریع، کاهش مصرف انرژی را نیز موجب میگردد. استفاده از مایکروویو خصوصاً در خشک کردن گیاهان دارویی اسانس داری که به دمای بالا حساس هستند توصیه شده است، زیرا سرعت بالای خشک کردن و انرژی ورودی کم از کاهش میزان اسانس جلوگیری می‌کند (Diaz et al, 2003; Venskutonis, 1997). در برخی تحقیقات خشک کردن با امواج مایکروویو علاوه بر کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن، سبب تولید گیاهان خشک شده با رنگ مناسب و درصد بالای مواد موثره شده


www.SID.ir

است (Hörsten, 1999). در این روش سرعت خشک شدن بالا است. از مزایای این روش حفظ رنگ و کیفیت طبیعی محصول است (Tavakoli-pour et al, 2008).

استفاده از میکروویو به ویژه در خشک کردن گیاهان دارویی اسانس داری که ماده مؤثره آن‌ها در ناحیه سطحی برگ-هایشان قرار دارد و در نتیجه به دماهای بالا حساسند، توصیه می‌شود. (Venskutonis, 1997). علاوه براین پرتودهی با مادون قرمز (IR) به عنوان منبع حرارتی برای خشک کردن بسیاری از محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. پرتو دهی با مادون قرمز در مقایسه با روش‌های حرارت‌دهی متداول دارای مزایای متعددی است. زمان فرآیندکوتاه تر و میزان مصرف انرژی کمتر است. می‌توان تجهیزات را فشرده و اتوماتیک نمود و امکان پایش پارامترهای فرآوری و با دقت بالا وجود دارد ( Jun et al, 2011). کیفیت محصولات خشک شده در این روش نسبت به هوای داغ بالاتر است ( Nimmol & Devahastin, 2011). جذب پرتو توسط مواد غذایی عمدتاً به میزان آب، ضخامت و ماهیت فیزیکوشیمیایی محصول بستگی دارد. این خشک کن‌ها در گیاه گرما ایجاد می‌کنند و در نقاطی که رطوبت بالاتری دارند متمرکز می‌شوند و با افزایش فشار بخار موجب انتشار رطوبت از آن نقاط به سمت لایه‌های خارجی می‌شود، بنابراین به نظر می‌رسد در این روش خشک کردن، مشکلات مربوط به خشک کردن لایه‌ی سطحی محصول کاهش یابد (Mohajeran, 2004).

از دیگر فناوری‌های نوظهور، فراصوت است که کاربرد آن در صنایع مختلف و برای اهداف فرایندی، روز به روز در حال گسترش است (Awad et al, 2012). از مزیت‌های فراصوت نیاز به استفاده در دمای پایین در طول فرآیند خشک کردن می-باشد. در نتیجه بدون داشتن اثر سوء بر روی ویژگی‌های کیفی ماده غذایی می‌توان به عنوان یک پیش تیمار در خشک کردن محصولات کشاورزی حساس به حرارت به کار رود. زیرا باعث افزایش سرعت و کاهش دمای مورد نیاز برای خشک کردن می‌شود (Nowacka et al, 2012)

خشک کردن با هوای داغ، زمان و سطح خشک کردن مورد نیاز را کاهش می‌دهد. هزینه اولیه این روش بالا است اما در این فرآیند، ضایعات دیده نمی‌شود، آلودگی زیست محیطی ندارد و تا ۵۰ درصد در انرژی صرفه جویی می‌شود.

خشک کردن اسمزی از دیگر روش‌ها است که رطوبت محصول را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. و پس از آن می‌توان برای خشک کردن محصول از روش‌های دیگری بهره جست. (Tavakoli-pour et al, 2008). پژوهش‌ها نشان دادند که افزایش دما میان ۴۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد زمان خشک کردن را کوتاه‌تر می‌کند اما کیفیت محصول را نیز کاهش می‌دهد. علاوه بر این موجب چروکیدگی محصول دیواره‌ی یاخته‌ای می‌شود. آهنگ خشک کردن به نوع محصول، ماده‌ی مورد استفاده برای تراوش و پارامترهای فرآیند خشک شدن بستگی دارد. دماهای بالاتر گرانروی محصول را پایین می‌آورد و باعث افزایش ضریب نفوذ آب در فرآیند تراوش می‌شود.

روش سایه نسبت به سایر روش‌ها (آون ۳۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد، مایکروویو ۱۰۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ وات و آفتاب) مناسب-ترین روش است اما به دلیل زمان‌بر بودن و نیاز به فضای مناسب برای خشک کردن می‌توان از روش‌هایی با سرعت بالا استفاده کرد (Khorramdel et al, 2013). مهمترین اجزای اسانس در آویشن (تیمول)، بابونه (کامازولن)، بادرنجبویه (سیترونلول)،ترخون (استراگول)، نعنا فلفلی (منتول) در شرایط سایه بدست آمدند. سایه عملکرد و محتوای اسانس بالای ۱۰۰ درصد نسبت به آفتاب داشت (Khorramdel et al, 2013).

پورانیک و همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی اثر روش‌های خشک کردن بر روی اجزای فعال زیستی فیزیکوشیمیایی در گیاهان دارویی پرداختند. از نتایج مشخص شد برگ *Andrographis paniculata* و *Boerhaavia dffusa* که با روش انجماد خشک شدند، بهترین برگ با کیفیت را از نظر اسید اسکوربیک، محتوای پلی فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تولید کردند (Puranik et al, 2012).

استفاده از توان پایین مایکروویو در خشک کردن گل‌های بابونه آلمانی رقم بودگلد به دلیل حفظ میزان اسانس و ترکیب کامازولن، برای خشک کردن گل‌های بابونه آلمانی مناسب تر از روش آون و روش طبیعی است (Azizi et al, 2009). ریشه-های سنبل‌الطیب خشک شده با امواج مایکروویو دارای کیفیت بالاتری نسبت به روش‌های دیگر خشک کردن بودند و بار میکروبی کمتری داشتند (Heindl & Müller, 2002). در روش خشک کردن با میکروویو، علاوه بر کاهش مدت زمان لازم برای خشک شدن نیز افزایش توان از ۱۰۰ به ۶۰۰ وات سبب کاهش محتوای اسانس شده است (Diaz et al, 2003).

به منظور تاثیر روش‌های خشک کردن برمیزان اسانس، ترکیب‌های شیمیایی و مهار رادیکالی گیاه دارویی مریم گلی ( *Salvia officinalis* L.) به این نتیجه رسیدند که از بین روش‌های بکار رفته که شامل ماکروویو W۵۰۰ و مادون قرمز ۴۵ درجه و آون ۴۵درجه، روش خشک کردن مادون قرمز ۴۵ درجه بیشترین بازده EO را داشت و ماکروویو کارامدترین روش برای مهار رادیکال-های آزاد بود (Sellami et al, 2012). در یک تحقیق اثر شش روش مختلف خشک کردن بر روی تغییرات کمی و کیفی گیاه برگ بو بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد اسانس در دمای محیط و خشک کن مادون قرمز ۴۵ درجه سلسیوس به طور قابل



www.SID.ir

توجهی افزایش داشت. چهل و هفت ترکیب ضروری در اسانس بدست آمد، که بیش‌تر آن‌ها مونوترپن‌های اکسیژن دار بود(Sellami et al, 2011).

تأثیر خشک کردن اسمزی قارچ تکمه‌ی را در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰،۴۰ درصد وزنی محلول ساکارز و دماهای ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ درجه سلسیوس و نسبت وزنی قارچ به محلول اسمز ۱:۱۰، ۱:۱۵، ۱:۲۵ بر خصوصیات سینتیکی ورقه‌های قارچ بررسی کردند. با افزایش دما و غلظت محلول اسمز، میزان ویتامین ث کاهش یافت (Tavakoli-pour et al, 2008).

در اکالیپتوس روش‌های (سایه، آفتاب و آون دمای ۳۰، ۴۰ و ۵۰) را برای خشک نمودن استفاده کردند روش خشک کردن در آون ۵۰ درجه به علت کوتاه بودن زمان خشک کردن و بدست آمدن بالاترین کمیت و کیفیت اسانس، بهترین روش خشک کردن برای این گونه بود (Fathi et al, 2009). در آویشن دنایی نشان داد بیشترین درصد اسانس در آون ۳۰ درجه بدست آمد و تیمول در سایه از کمترین مقدار برخوردار بود (Nemati et al, 2011). تأثیر دماهای مختلف خشک کردن (۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰) را بر گیاه *Cymbopogon winterianus* بررسی کردند و گزارش کردند که بهترین دمای خشک کردن از نظر کمیت و کیفیت اسانس ۶۰ درجه بود (Rocha et al, 2000). در گیاه مرزه (Sefidkon et al, 2006)، برتری روش خشک کردن در آون ۴۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به روش سایه و آفتاب (از نظر کاهش میزان اسانس) مورد تأکید قرار گرفته است. افزایش درجه حرارت آون از ۳۰ به ۶۰ درجه سلسیوس سبب کاهش محتوای اسانس آویشن، بابونه، بادرنجبویه، ترخون و نعناع فلفلی شد ( Khorramdel et al, 2013). افزایش درجه حرارت سبب کاهش پارتنولید در بابونه گاوی و منتون، ۱و۸ سینئول و پولگون در پونه شد (Asekun et al, 2007).

از دست دادن ظرفیت آنتی اکسیدان، محتوای پلی فنول و فلاونوئید کل در طول خشک کردن همرفتی سیب توسط (Rodríguez et al, 2014) مورد بررسی قرار گرفت که از دست دادن ظرفیت آنتی اکسیدانی به درجه حرارت خشک کردن و در برنامه قدرت التراسونیک بستگی دارد. استفاده از درجه حرارت پایین التراسونیک منجر به کاهش در ظرفیت آنتی اکسیدانی در طی خشک کردن می‌شود. در عین حال در درجه حرارت بالاتر منجر به افزایش این پارامتر ارزشمند شده است. همچنین اثر قدرت اولتراسونیک در خشک کردن در بین دمای ۶۰-۴۰ درجه و سرعت هوای ۱ و m/s۲ باعث افزایش سرعت خشک کردن، کاهش زمان و افزایش ارزش آنتی اکسیدان آویشن خشک شده می‌شود (Rodrigueza et al, 2013). گزارشات نشان دادند که فراصوت باعث تسریع در خشک شدن با درجه حرارت کم در محصول توت فرنگی می شود و اثر قابل توجهی در k (ضریب انتقال جرم) و De (ضریب پخش موثر رطوبت) داشته است. علاوه بر این بیان کردند روش فراصوت با کمک همرفتی روش مناسبی برای بدست آوردن محصول توت فرنگی خشک با کیفیت بالا و ثبات میکروبی است (Gamboa-Santosa et al, 2014).

## نتیجه‌گیری

طبق مطالعات انجام شده کوتاه بودن زمان و سرعت بالای خشک کردن در حفظ کیفیت ترکیبات ماده‌ی مؤثره تاثیر گذار است. بنابراین روش مایکروویو و مادون قرمز در بین روش‌ها یک روش مناسب در این مورد می‌تواند گزارش شود. انرژی ورودی کم نیز سبب حفظ رنگ و طعم گیاهان می‌شود که نتایج بالا حاکی از این مطلب است بنابراین روش‌های مایکروویو و انجمادی و مادون قرمز را می‌توان برای حفظ این ویژگی‌ها گزارش کرد. اما اگر عملکرد همراه با هزینه پایین مد نظر باشد روش سایه، آون و مادون قرمز پیشنهاد می‌شود. 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 (Khangholi & Rezaeinodehi, 2008). بدیهی است که کاهش ترکیب فرار در طول فرآیند خشک کردن بستگی به میزان فرار بودن و ساختار شیمیایی ترکیب گیاهی دارد ( Venskutonis, 1997). علاوه بر تاثیر بسزای 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 و محتوای اجزای اسانس گیاهان دارویی دارد. البته تأثیر فرآیند خشک کردن بر عملکرد کل و محتوای اجزای اسانس، بسته به درجه حرارت مورد استفاده، طول دوره‌ی خشک کردن و نوع گونه-ی گیاهی متفاوت می‌باشد (Yazdani et al, 2006).

## منابع


- Ahmadi, K., Sefidkon, F., & Assareh, H. M. (2008) Effect of drying methods on quantity and quality of essential oil three genotype of Rosa damascena Mill, Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant 24. pp. 162-176 .
- Arabhosseini, A., Huisman, W., Boxel, A. V., & Muller, J. (2009) Modeling of thin layer drying of tarragon (Artemisia dracunculus.L), Industrial Crops and Products 29. pp. 53-59 .




www.SID.ir

- Arsalan, M. D., & Ozcan, M. (2008) Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves, Energy Conversion and Management Journal 49. pp. 1258-1264 .
- Asekun, T. O., Grierson, S. D., & Afolayan, J. A. (2007) Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of Mentha longifolia L. subsp. Capensis. Food Chemistry 101. pp. 995-998 .
- Awad, S. T., Moharram, A. H., Shaltout, E. O., Asker, D., & Youssef, M. M. (2012) Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review, Food Research International 48. pp. 410-427 .
- Azizi, M., Rahmati, M. M., Ebadi, T. M., & Hassanzadeh-Khayyat, M. (2009) The effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazolene contents of chamomile (Matricaria recutita) flowers. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25. pp. 182-192 .
- Blose, N. (2001). Herb Drying Handbook: Includes Complete Microwave Drying Instructions, Sterling Publishing Co. Inc, New York, 96p .
- Borchani, S. C., Besbes, M., Masmoudi, C., Blecker, M., Paquot, H., & Attia, (2011) Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fiber concentrates, Food Chemistry 125.pp. 1194-1201 .
- Brovelli, A. E., Li, Y., & Chui, K. (2002) Image analysis reflects drying conditions of Echinaceae purpurea Herb, Journal of Herb Spices and Medicinal Plants 10. pp. 19-24 .
- Caceres, A. (2000). Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarmaceuticas. Primer Congreso International FITO 2000. Por la investigacion, conservacion y diffusion del conocimiento de lasplantasmedicinals, 27-30 .
- 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. pp. 179-189 .
- Diamante, L., Durand, M., savage, G., & Vanhaneb, L. (2010) Efect of temperature on the drying characteristics colour and ascorbic acid content of green and gold kiwifruit, International Food Research Journal 17. pp. 441-451 .
- Diaz, R. G., Martinez-Monzo, J., Fito, P., & Chiralt, A. (2003) Modeling of dehydrating and rehydrating of orange slices in combined microwave/air drying, Innovative Food Science and Emerging Technologies 4. pp. 203-209 .
- Divya, P., Puthusseri, B., & Neelwarne, B. (2012) Carotenoid content, its stability during drying and the antioxidant activity of commercial coriander (Coriandrum sativum L.) varieties, Food Research International 45. pp. 342-350 .
- Ebadi, T. M., 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 (Satureia hortensis L.), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26. pp. 477-489 (in farsi .(
- Ebadi, T. M., Rahmati, M., Azizi, M., Hassanzadeh-Khayyat, M., & Dadkhah, A. (2013). The effects of different drying methods on drying time, essential oil content and composition of basil (Ocimum basilicum L), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29.pp. 437 .
- Ebadi, T. M., Sefidkon, F., Azizi, M., & Ahmadi, N. (2016) Effects of air velocity and infrared radiation intensity on drying factors of lemon verbena (Lippia citriodora Kunth.), Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 32. Pp. 161-173 (in farsi .(
- Etemadi, S., Tavakolipor, H., & Arivay, P. (2013) Determine the changes in vitamin C, the process of osmotic dehydration of fruit orang, a senior Food Science and Technology, Faculty of Food Science and Technology - Science and Research Branch Ayatollah Amoli, Amol, Iran, National Conference of medicinal plants, 113-121 .
- Fathi, E., Sefidkon, F., Bakhshi-Khaniki, G. H., Abravesh, Z., & Assareh, H. M. (2009) The effects of drying and distillation methods on essential oil content and composition of Eucalyptus largiflorens, Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25. pp. 64-74 .
- Fernandes, N. A. F., & Rodrigues, S. (2007) Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: dehydration of banana, Journal of Food Engineering 82. pp. 261-267 .
- Fernandes, N. A. F., Oliveira, P. I. F., & Rodrigues, S. (2008) Use of ultrasound for dehydration of papayas. Food Bioprocess Technology 4.pp. 339-345 .
- Gallego-Juárez, A. J., Rodríguez, G., Acosta, V., & Riera, E. (2010) Power ultrasonic transducers with extensive radiators for industrial processing, Ultrason, Sonochem 17. pp. 953-964 .
- Gamboa-Santosa, J., Montillaa, A., Cárcelb, A. A., Villamiela, M., & Garcia-Perezb, V. J. (2014) Air-borne ultrasound application in the convective drying of strawberry, Journal of Food Engineering 128.pp. 132-139 .
- Ghani, A., & Azizi, M. (2009) The effects of different dring methods on morphology and content essential oil 5 species frome Henbane (Achillea), Plant production (Horticulture science magazin) 32 .




www.SID.ir

- Gulati, A., Rawat, R., Singh, B., & Ravindranath, D. S. (2003) Application of microwave energy in the manufacture of enhanced quality green tea, Journal of Agricultural and Food & Chemistry 51.pp. 4769-4774 .
- Hassanpouraghdam, B. M., & Hassani, A. (2014) Oven and conventional drying methods affect volatile oil content and composition of Mentha pulegium L., Journal of Essential Oil Bearing Plants 17.pp. 346-352 .
- Hassanpouraghdam, B. M., Hassani, A., Vojodi, L., & Farsad-Akhtar, N. (2010) Drying method affects essential oil content and composition of basil (Ocimum basilicum L.), Journal of Essential Oil Bearing Plants 13. pp. 759-766 .
- Hayat, K., Zhang, X., Farooq, U., Abbas, S., Xia, S., Jia, C., Jing, Z. H. (2010) Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace, Food Chemistry 123.pp. 423-429 .
- Heindl, A., & Muller, J. (1997) Trocknung von Arznei und Gewurzpflanzen, Zeitschrift fur Arznei und Gewurzpflanzen 2. pp. 90-97 .
- Heindl, A., & Müller, J. (2002) Mikrowellenunterstützte Trocknung von Arznei-und Gewürzpflanzen, Zeitschrift für Arznei-und Gewürzpflanzen 7. pp. 208-225 .
- 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. pp. 321-325 .
- Hörsten, D. V. (1999) Einsatz von Mikrowellenenergie und Hochfrequenztechnik zur Trocknung und Entkeimung von Arznei und Gewürzpflanzen, Zeitschrift fur Arznei und Gewurzpflanzen 4.pp. 101-102 .
- 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. pp. 85-91 .
- Jun, S., Krishnamurthy, K., Irudayaraj, J., & Demirci, A. (2011). Fundamentals and theory of infrared 34- radiation. In: Pan, Z. Atungulu, G. G. (Eds.), Infrared heating for food and agricultural processing, New York, CRC press .
- 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. pp. 934-937 .
- 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, phytochemical Journal of Medical Plants 1. pp. 36-48 (in farsi .(
- 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.
- Kowalski, J. S., & Pawłowski, A. (2015) Intensification of apple drying due to ultrasound enhancement, Journal of Food Engineering 156. pp. 1-9 .
- 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 .
- Martinov, M., Oztekin, S., & Muller, J. (2007) Medicinal and Aromatic Crops. Harvesting, drying, and Processing, Haworth Food and Agricultural Press 390 .
- Maskan, m. (2001) Drying shrinkage and rehydration characteristics of kiwi fruits during hot air and microwave drying, Journal of Food Engineering 35. pp. 267-280 .
- Maureen, R. (2000) The Herb Growing & Marketing Network URL, http://www.herbnet.com and http://www.herbworld.com .
- Méndez, K. E., Orrego, E. C., Manrique, L. D., Gonzalez, D. J., & Vallejo, D. (2015) PowerUltrasound 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. pp. 560-565
- Mohajeran, S. H. (2004) Construction of infrared radiation laboratory dryer for drying. Mechanics Master's thesis, Agricultural University of Tarbiat Modarres 87 .
- Mohtashami, S., Babalar, M., Ebrahimzadeh-Mousavi, M. S., Jalili, H. M. M., & Adib, J. (2012) The effect of growing conditions and different drying methods on drying time, essential oil content, color characteristics and microbial load of Dracocephalum moldavica L., Iranian Journal of Horticultural Sciences 43. pp. 243-254 .
- Muller, M. (1992). Trocknung von Arzneipflanzen mit Solar Energy, Dissertation, Ulmer Verlag Germany .
- Naiafi, F., Ebadi, T. M., & Abbasian, J. (2012). Medicinal and Aromatic Crops: Harvesting, Drying and Processing (Translation), Shahid Beheshti University Press, Tehran, 380 .
- 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. pp. 72-80 .
- Nimmol, C., & Devahastin, S. (2011). Vacuum infrared drying. In: Pan, Z. Atungulu, G. G. (Eds.) Infrared heating for food and agricultural processing, New York, CRC press .



www.SID.ir

- Nowacka, M., Wiktor, A., Sledz, M., Jurek, N., & Witrowa-Rajchert, D. (2012) Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties, Journal of Food Engineering 113. pp. 427-433 .
- Nozad, M., KHojastepor, M., Azizi, M., & Tabasizadeh, M. (2014) Evaluation of infrared drying on quality parameters mint leaves. The first national conference to develop a comprehensive strategy for quality in food safety .
- Omidbaigi, R., Sefidkon, F., & Kazemi, F. (2003) Influence of drying methods on the essential oil composition of Roman Chamomile, Flavour and Fragrance Journal 19.pp. 196-198 .
- Omidbeigi, R. (2005). Production and Processing of Medicinal Plants, Behnashr Pub, 347 .
- Ostadzadeh, S. H., & Alangi, S. Z. S. (2016) The effect of drying process on quantitative and qualitative characteristics of leaves Nasturtium officinale, new technologies that food Journal 13. pp. 1-16 .
- Ozbek, B., & Dadali, G. (2007) Thin-layer characteristics and modeling of mint leaves undergoing microwave treatment, Journal of Food Engineering 83. pp. 541-549 .
- Oztekin, S., & Martinov, M. (2007b). Medicinal and Aromatic Crops: Harvesting, Drying and Processing, Haworth Food and Agricultural Procucts Press, New Yor, 320p .
- Podsedek, A. (2007) Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: a review, Food Science & Technology 40. pp. 1-11 .
- Puranik, V., Chauhan, K. D., Mishra, V., & G. K. (2012) Effect of drying techniques on the physicochemical and bioactive components of selected medicinal herbs, Rai Annals of Phytomedicine 1. pp. 23-29 .
- Rahimmalek, M., & Goli, H. A. S. (2013) Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristcs of Thymys daenensis subsp. daenesis, Celak leaves, Industrial Crops and Products 42. pp. 613-619 .
- Riera, E., Garcia-Perez, V. J., Acosta, M. V., Cárcel, A. J., & Gallego-Juárez, A. J. (2011). Computational study of ultrasound-assisted drying of food materials, in: K. Knoerzer, P. Juliano, P. Roupas, C. Versteeg (Eds.), Multiphysics Simulation of Emerging Food Processing Technologies, IFT Press, Chicago, USA, 265-302 .
- Rocha, R. F. S., Ming, C. I., & Marques, M. O. M. (2000) Influence of five drying temperatures on the medicines (phytotherapeutic agents), Brazilian Journal of Medical and Biological Research 33. pp. 179-189 .
- Rocha, R. P., Melo, C. F., & Radünz, L. L. (2011) Influence of drying process on the quality of medicinal plants: A review, Journal of Medicinal Plants Research 5. pp. 7076-7084 .
- Rodrigues, S., & Fernades, N. A. F. (2007) Use of ultrasound as pretreatment for dehydration of melons, Drying Technology 25. pp. 1791-1796 .
- 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. pp. 21-29.
- Rodrigueza, J., Melob, C. F., Muleta, A., & Bona, J. (2013) Optimization of the antioxidant capacity of thyme (Thymus vulgaris L.) extracts: Management of the convective drying process assisted by power ultrasound, Journal of Food Engineering 119.pp. 793-799 .
- Rohn, S., Buchner, N., Driemel, G., Rauser, M., & Kroh, W. L. (2007) Thermal degradation of onion quercetin glucosides under roasting conditions, Journal of Agricultural & Food Chemistry 55. pp. 1568-1573 .
- Sablani, S. S. (2006) Drying of fruits and vegetables: Retention of nutritional Functional quality, Drying Technology, 24. pp. 123-135 .
- Salehi, F., Shahkoh, Z. A., & Godarzi, M. (2014) Apricot Osmotic Drying Modeling Using Genetic Algorithm - Artificial Neural Network, Journal of Innovation in Food Science and Technology .
- 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. pp. 100-109 .
- 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. pp. 35-44 .
- Sefidkon, F., Abbasi, K., & Khaniki, G. B. (2006) Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of Satureja hortensis, Food Chemistry 99. pp. 19-23 .
- Sellami, I. H., Rebey, B. I., Sriti, J., Rahali, Z. F., Limam, F., & Marzouk, B. (2012) Drying sage (Salvia officinalis L.) plants and its effects on content, chemical composition, and radical scavenging activity of the essential oil, Food Bioprocess Technol 5. pp. 2978-2989 .
- 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. pp. 691-697 .



www.SID.ir

- Silva. F.. & Casali. D. W. V. (2000). Plantas Medicinais e aromaticas: Pos-Colheitae Oleos Essenciais, Vicosa-MG: UFV. DFT, 135p .
- Sokhansanj, S. (1997) Through-flow dryers for agricultural crops, Industrial Drying of Foods.
- Sovsal. Y. (2004) Microwave drying characteristics of Parsley, Journal of Food Engineering 892. pp. 167-173 .
- Sovsal. Y.. & Oztekin. S. (2001) Technical and economic performance of a trav drver for medicinal and aromatic plants, Journal of Agricultural Engineering Research 79. pp. 73-79 .
- Subasinghe. N. U. (2007). Post harvest technology in the spice value chain. Master thesis, Department of Management of Technology, University of Moratuwa, Sri Lanka .
- Tabrizi. L.. Dezhabon. F.. Mostofi. Y.. & farimani. M. M. (2015) Change of physical and chemical factors colendula officinale flowers of different Tasvrrvsh drving and Power Plant-professor, former student of master and professor of natural resources 243-258 .
- Talebzadeh. S. L.. Azizi. M.. & Aroii. H. (2014) Effects of drving and storage on biochemical properties of plant, Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources. civilica 12 .
- Tankoa. H.. Carriera. J. D.. Duana. L.. & Clausena. D. E. (2005) Pre and post harvest processing of medicinal plants, Plant Genetic Resources 3.pp. 304-313 .
- Tavakoli-pour. H.. Fatemian. H.. & jalaee. F. (2008) Studing of edible coating application on productivity ratio in osmotic dehydration on process of apple rings, International Drying Symposium pp.1309-1312 .
- Tomaino. F. A.. Cimino. V.. Zimbalatti. V.. Venuti. V.. Sulfaro. A.. Pasquale. D.. & Saija. A. (2005) Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils, Food Chemistry 89. pp. 549-554 .
- Topuz. A.. Dincer. C.. Ozdemir. S. K.. Feng. H.. & Kushad. M. (2011) Influence of different drving methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika, Food Chemistry 129. pp. 860-865 .
- Topuz. A.. Feng. H.. & Kushad. M. (2009) The Effect of drving method and storage on color characteristics of Paprika, LWT-Food Science and Technology 42. pp. 1667-1673 .
- Venskutonis. R. P. (1997). Effect of drving on the volatile constituents of thyme (Thymus vulgaris L.) and sage (Saliva officinalis L.), Food Chemistry 59.pp. 219-277 .
- Yazdani. D.. Shahnazi. S.. Jamshidi. H. A.. Rezazadeh. S.. & 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 17. pp. 7-15 .


www.SID.ir