

## بررسی اثر توان‌های مختلف خشک‌کن ریز موج بر کیفیت و کمیت اسانس مرزه بختیاری

بهرام حسین زاده سامانی<sup>۱</sup>، زهرالری گوئینی<sup>۲\*</sup>، شیدا فصیح زاده<sup>۳</sup>

۱- دکترای تخصصی، استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲- دکترای تخصصی فارماکوگنوزی، استادیار مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

۳- کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۴)

### چکیده

خشک کردن یکی از مراحل مهم پس از برداشت گیاهان دارویی می‌باشد که نقش مهمی در کمیت و کیفیت مواد موثره دارد. هدف از این مطالعه بررسی اثر توان ریز موج بر کیفیت و کمیت مواد موثره اسانس مرزه بختیاری می‌باشد. مرزه بختیاری بعد از جمع آوری و اسانس تیمارهای مختلف بعد از خشک کردن در سایه و ریزموج در ۳ سطح توان ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ به روش تقطیر با آب استخراج گردید. روغن‌های فرار به دست آمده با استفاده از GC/MS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. تحلیل داده‌ها نشان داد با افزایش توان از ۴۰۰ به ۸۰۰ وات مدت زمان خشک شدن مرزه بختیاری ۷۱٪ کاهش می‌یابد. بازده اسانس حاصل شده نشان می‌دهد که در روش خشک کردن سایه بیشترین درصد اسانس با ۲/۴۱ درصد (وزنی/حجمی) بدست آمده است. لازم به ذکر است با افزایش توان ریزموج میزان اسانس نیز کاهش یافته است، بطوریکه توان ۸۰۰ وات کمترین درصد بازده اسانس را داشته است. بیشترین مقدار تیمول و کارواکرول و همچنین مجموع آن‌ها که بیانگر کیفیت این اسانس هستند در خشک کردن به روش ریزموج با توان ۸۰۰ وات (۵۶/۸۳ درصد) به دست می‌آیند. در مجموع در روش خشک کردن با توان بالای ریز موج کیفیت اسانس افزایش ولی کمیت اسانس کاهش یافته است. بنابراین در صورتیکه فقط هدف، کمیت اسانس باشد روش معمول خشک کردن در سایه توصیه می‌شود ولی در مقابل زمانیکه هدف سرعت و کیفیت باشد روش خشک کردن با توان بالای ریز موج پیشنهاد می‌گردد.

کلید واژگان: مرزه بختیاری، ریزموج، سینتیک، اسانس

\*مسئول مکاتبات: zahralorigooini@gmail.com

## ۱- مقدمه

جنس مرزه در ایران ۱۴ گونه گیاه علفی یک ساله و چند ساله دارد که در مناطق مختلف کشور مانند استان‌های لرستان، خوزستان، ایلام، کرمانشاه، اصفهان، نواحی شمال، چهارمحال و بختیاری، گیلان، یزد و بعضی نقاط دیگر می‌رویند. گونه *S. Bachtiarica* دارای پراکندگی نسبتاً وسیعی در ایران است و از استان‌های غربی، مرکزی و جنوب غربی ایران جمع‌آوری شده است [۱]. امروزه از نظر پزشکی در طب سنتی طبیعت نسبتاً گرم و خشک دارد. ضد نفخ، اشتهاآور و برای تقویت نیروی جنسی موثر می‌باشد. برای تسکین درد دندان از آن استفاده می‌شود و اگر با آب انجیر خورده شود برای سرفه، تنگی نفس و درخشانی رنگ رخسار اثر مفید دارد. مرزه برای معالجه اسهال بسیار مفید است. ضماد آن با روغن زیتون برای انواع دردهای پیچش شکم مناسب است. از مرزه می‌توان مانند گیاه دارویی آویشن، در رفع ضعف و حالت چنگ زدگی معده استفاده کرد. همچنین می‌توان آن را در سو هاضمه‌ها، تخمیرات روده و نفخ بکار برد [۲]. یکی از روش‌های استفاده از گیاهان دارویی از جمله مرزه بختیاری استفاده از اسانس آن می‌باشد. اسانس‌ها یا روغن‌های فرار، اجزای تولید کننده‌ی بو در گیاهان هستند. آن‌ها اغلب در تمام اجزای گیاه موجود بوده و به طور معمول در بخار آب فعال هستند. همچنین بسته به نوع تیره گیاهی در اندام‌های ترش‌چی مانند کرک‌های غده‌ای، سلول‌های پارانشیم تغییر یافته و یا لوله‌های اسانسی وجود دارند و در کل در زمره‌ی دسته متابولسم های ثانویه گیاهی محسوب می‌شوند. کیفیت یک اسانس به عوامل گوناگونی از جمله شرایط نگهداری و تکنیک‌های تقطیر بستگی دارد. برای نگهداری گیاه، محافظت از کپک زدن، جلوگیری از فعالیت آنزیم‌ها و باکتری‌ها و همچنین جهت آسان خرد کردن، آسیاب نمودن، حمل و مراحل استخراج از روش خشک کردن استفاده می‌شود [۳].

خشک کردن یکی از مراحل مهم پس از برداشت گیاهان دارویی می‌باشد که نقش مهمی در کمیت و کیفیت مواد موثره دارد [۴] در این فرآیند با حذف رطوبت با استفاده از عمل تبخیر، فعالیت‌های آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها متوقف می‌شود [۵]. فرایند خشک کردن بر اساس دمای خشک کردن، طول مدت خشک کردن و گونه گیاهی متفاوت است. تحقیقات متعددی نشان داده است که روش خشک

کردن بر درصد و اجزای اسانس در گیاهان دارویی و معطر تاثیرگذار است [۶-۸].

استفاده از روش طبیعی از گذشته مرسوم بوده و از ساده‌ترین روش‌های خشک کردن می‌باشد، به طوری که پس از جمع آوری محصول، با استفاده از انرژی آفتابی در همان محل کاشت یا در محل سایه و دارای تهویه مناسب، اندام‌های گیاهی مورد نظر را خشک می‌کنند [۸]. در تحقیقی گزارش شد که بازده اسانس مرزه سهندی، مقدار تیمول و مجموع ترکیبات فنلی در روش‌های مختلف خشک کردن با آون ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس و سایه از نظر آماری اختلاف معنی دار نداشته ولی دمای ۵۰ درجه بازده اسانس را پایین‌تر می‌نماید. ولی میزان تیمول و مجموع ترکیبات فنلی در این روش بیشترین مقدار بوده است [۹]. در تحقیق دیگری نشان داده شد که بیشترین میزان اسانس در گیاه *Saturejahortensis* به ترتیب در روش‌های خشک کردن در دمای ۴۵ درجه سلسیوس آون، سایه و آفتاب بدست آمد [۱۰].

خشک کردن با ریزموج یکی از روش‌های جانبی یا کمکی در خشک کردن گیاهان می‌باشد. کوتاه بودن زمان خشک کردن در این روش از مزایای مهم آن است [۱۱]. امواج ریزموج بخشی از طیف امواج الکترومغناطیسی هستند که دارای بسامدی بین ۳۰۰ MHz تا ۳۰۰ GHz می‌باشد. اما معمول‌ترین بسامدهای مورد استفاده ۹۱۵ MHz و ۲۴۵۰ MHz می‌باشد که دارای طول موج‌هایی در محدوده ۱۲ تا ۳۴ cm می‌باشند. در روش‌های معمول گرم کردن، جریان آرام گرما، به دلیل تفاوت دما بین سطح و مرکز جسم، از ناحیه گرم بیرونی به ناحیه سردتر داخلی منتقل می‌شود. اما در گرمایش ریزموج، گرما در داخل ماده و توسط ذرات باردار و یا مولکول‌های دو قطبی که در معرض برخورد با امواج میدان الکترومغناطیسی هستند، تولید می‌شود، در واقع یک گرادیان دمایی از درون جسم به سطح آن پدید می‌آید [۴]. در برخی از تحقیقات، خشک کردن ریزموج سبب تولید گیاهان خشک شده با رنگ مناسب و درصد بالای مواد موثره شده است [۱۲]. مطالعات محققان نشان داده است که استفاده از توان‌های پایین ریزموج در خشک کردن گل‌های بابونه آلمانی رقم بودگلد (*Bodegold*) به دلیل حفظ میزان اسانس و ترکیب کامازولن، برای خشک کردن گل‌های بابونه آلمانی مناسب‌تر از روش آون و روش معمول می‌باشد [۵]. ریشه‌های سنبل الطیب (*Valerinana*)

وات آزمایش‌ها در ۳ تکرار انجام شدند. لازم به ذکر است وزن نمونه‌ها هر ۳۰ ثانیه در رایانه ذخیره گردیدند.

## ۲-۲- سینتیک خشک کردن

مدل‌های منحنی خشک کردن لایه نازک مرزه بختیاری بر اساس ۹ مدل توصیه شده در تحقیقات گذشته انتخاب گردید که در جدول (۱) آورده شده است [۱۹]. در اکثر تحقیقات مدل سینتیک خشک کردن بر اساس نسبت رطوبت (MR) بدست آمده است که در آن رطوبت نمونه در طی خشک شدن به طور غیر مستقیم بدست می‌آید [۲۰-۱۹]. در این تحقیق نیز برای این کار نمودار تغییرات نسبت رطوبت (MR) در برابر طول مدت زمان خشک شدن نمونه (t) رسم شد، و سپس مدل‌های ریاضی آن توسط نرم افزار MATLAB 2013 استخراج گردید. نسبت رطوبت (MR) مطابق رابطه (۷) بدست می‌آید:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e}$$

که در آن، MR نسبت رطوبت (بدون بعد)،  $M_t$  میزان رطوبت در هر لحظه،  $M_o$  میزان رطوبت اولیه و  $M_e$  رطوبت تعادل می‌باشد. کلیه رطوبت‌ها بر حسب درصد و بر پایه خشک (d.b.) است. مقدار  $M_e$  در مقایسه با  $M_o$  و  $M_t$  کوچک بوده، لذا با در نظر نگرفتن  $M_e$ ، رابطه‌ی (۷) به صورت رابطه‌ی ساده‌تر (۸) تبدیل خواهد شد:

$$MR = \frac{M_t}{M_o}$$

سه معیار ضریب تعیین ( $R^2$ )، مربع کای ( $\chi^2$ ) و ریشه متوسط مربع خطای داده‌ها ( $RMSE$ ) برای سنجش بهترین مدل استفاده شد. بر این اساس مدلی که دارای  $R^2$  بزرگتر و  $\chi^2$  و  $RMSE$  کوچکتری بود، به عنوان مدل بهتر در نظر گرفته شد [۲۵].

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - n}$$

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{1/2}$$

که در آن‌ها،  $MR_{exp,i}$  نسبت رطوبت بدست آمده در طی  $i$  امین اندازه‌گیری،  $MR_{pre,i}$  نسبت رطوبت پیش‌بینی شده از مدل در  $i$  امین اندازه‌گیری،  $N$  تعداد مشاهده‌ها (داده‌ها) و  $n$

*officinalis*) خشک شده با امواج ریزموج دارای کیفیت بالاتری نسبت به روش‌های دیگر خشک کردن بودند و بار میکروبی کمتری داشتند [۱۳]. همچنین آزمایش‌های خشک کردن با ریزموج روی طیف وسیعی از میوه‌ها و سبزی‌ها مثل قارچ‌های خوراکی [۱۴]، سیب زمینی [۱۵]، هویج [۱۶] و انگور [۱۷] انجام شده است. در این تحقیق هدف آن است که خشک کن ریز موجی با قابلیت تغییر توان ساخته شود و اثر توان‌های مختلف ریز موج در روند خشک کردن مرزه بختیاری مورد بررسی قرار گیرد و در انتها بازده و ترکیبات اصلی اسانس در این تیمارها با روش خشک کردن معمول در سایه مورد مقایسه قرار گیرد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- آماده سازی نمونه

اندام هوایی گیاه مرزه بختیاری در اواخر خرداد ماه سال ۱۳۹۴ از شهر بلداجی در ارتفاعات ۲۴۰۰ متری از سطح دریا در استان چهارمحال و بختیاری گردآوری شد. بعد از شناسایی گیاه توسط گیاه شناس، نمونه هر یاریومی با شماره ۲۸۷ در هر یاریوم مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد ثبت گردید. برای تعیین میزان رطوبت، ۱۰۰ گرم نمونه به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شد [۱۸]. پس از اتمام زمان خشک شدن، نمونه‌ها از اجاق بیرون آورده شد و بلافاصله وزن آن اندازه‌گیری شد. محتوای رطوبتی بر پایه خشک از رابطه زیر به دست آمد:

$$Mc_{db} = \frac{m_1 - m_2}{m_2}$$

که در آن:

$Mc_{db}$ ، میزان رطوبت بر پایه خشک (اعشار)

$m_1$ ، جرم اولیه محصول (kg)

$m_2$ ، جرم نهایی محصول پس از خشک کردن (kg)

ترازوی مورد استفاده برای توزین نمونه‌ها A&D مدل GF-6000 ساخت کشور ژاپن با حساسیتی برابر ۰/۰۱ گرم بود. رطوبت اولیه نمونه‌ها  $3 \pm 0.73\%$  بوده‌اند. اجاق مورد استفاده Memmert، ساخت کشور آلمان با دقت  $\pm 1^\circ C$  بود. بعد از تمیز کردن اولیه، هر بار مقدار ۲۰۰ گرم از اندام هوایی را در آون ریزموج گذاشته و در توان‌های اسمی ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰

1. Coefficient of determination
2. Chi-square
3. Root mean square error

رگرسیون محاسبه گردید.

تعداد ثابت‌های به کار رفته در معادله است. مقدار ضرایب و ثابت‌های مدل‌های جدول (۱) در دماهای مختلف به روش

**Table 1** The models of thin layer drying method [25]

Row	model name	Model
1	Lewis	$MR = \exp(-kt)$
2	Page	$MR = \exp(-ktn)$
3	Modified Page	$MR = \exp[(-kt)n]$
4	Henderson & Pabis	$MR = a \cdot \exp(-kt)$
5	Logaritmic	$MR = a \cdot \exp(-kt) + c$
6	Logistic	$MR = a / (1 + b \cdot \exp(kt))$
7	Two term	$MR = a \cdot \exp(-k_0t) + b \cdot \exp(-k_1t)$
8	Two power	$MR = 1 + at + bt^2$
9	Diffusivity	$MR = (8/\pi^2) \exp(-\pi^2 Deff t / l^2)$

MR=moisture ratio, t=time, n,k,k<sub>0</sub>,k<sub>1</sub>=constant

مگنترون ریزموج شده و با حذف قسمتی از سیگنال ولتاژ، توان ماکروویو قابلیت تغییر پیدا می‌کند.

## ۲-۵- آنالیز اسانس گیاه با استفاده از

### GC/MS

برای شناسایی ترکیبات اسانس از دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. بعد از تزریق، ابتدا مواد متشکله اسانس را توسط قسمت گاز کروماتوگراف جداسازی گردید و سپس به کمک قسمت طیف سنج جرمی شناسایی انجام شد. رایانه، طیف جرمی هر یک از ترکیبات جداسازی شده را با بانک اطلاعاتی طیف‌های مربوط به روغن‌های فرار موجود در حافظه خود مقایسه کرده و چندین ترکیب با احتمالات مختلف را برای هر طیف معرفی می‌کند. سری هیدروکربن خطی ۸ تا ۲۴ در شرایطیکسان نیز به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق می‌شود. تشخیص عمده ترکیبات اسانس براساس مقایسه RT (Retention) زمان بازداری، KI (Kovat's Index، اندیس بازکواتس) و طیف جرمی هر ترکیب با کتابخانه‌های Wiley و Adams 2004 صورت می‌گیرد [۲۳].

## ۲-۶- مشخصات دستگاه مورد استفاده

گاز کروماتوگرافی (GC): کروماتوگراف گازی مدل Thermoquest مجهز به دتکتور F.I.D (یونیزاسیون شعله هیدروژن)، ستون DB-5 و به طول ۶۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان حامل ۱ میلی لیتر در دقیقه با نسبت Split ۱/۱۰۰ است. برنامه حرارتی دمای شروع آن ۶۰°C با سرعت ۵C/min° به دمای ۲۵۰°C می‌رسد و ۲۰

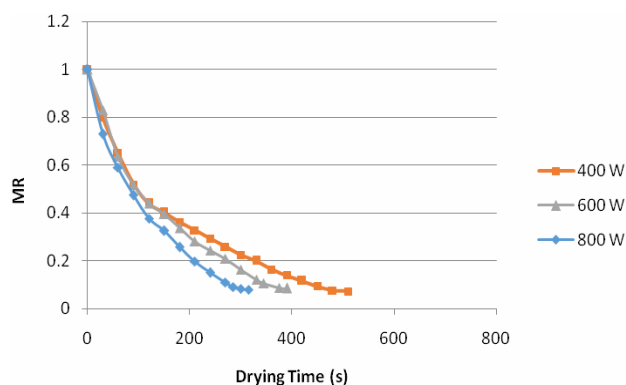
## ۲-۳- تهیه اسانس

دستگاه مورد استفاده جهت استخراج اسانس کلونجر می‌باشد که به روش تقطیر با آب عمل می‌کند. مقدار ۵۰ گرم از نمونه پودر شده گیاه مرزه بختیاری در هر تیمار خشک شده، توسط ترازوی آنالیتیکال وزن شده و به بالن ۱۰۰۰ سی سی متصل به کلونجر (کلونجر-۱۹۲۸، مطابق با روش ارائه شده در فارماکوپه بریتانیا) انتقال گردید [۲۱]. ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر به بالن حاوی پودر اضافه شد و عمل استخراج به مدت ۴ ساعت انجام گرفت و در نهایت اسانس جمع‌آوری شده و بوسیله سولفات سدیم بدون آب، آبگیری خواهد شد، اسانس تهیه شده تا زمان تزریق به دستگاه GC/MS در فریزر ۰°C ۲۰- نگهداری می‌گردد [۲۲].

## ۲-۴- خشک کن ریزموج

با توجه به اینکه هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر توان ریزموج بر خشک کردن مرزه بختیاری بود، بدین جهت اجاق ریزموج خانگی مدل سامسونگ (۱۰۰۰ وات) خریداری شد و برای اعمال توان‌های مختلف از روش برش فازی با فاز کنترل استفاده شد. بدین منظور مداری برای جایگزینی برد اصلی ریزموج خانگی تعبیه گردید. به بیان دیگر برد ساخته شده دارای یک پتانسیومتر، خازن، میکروکنترلر و یک موتور الکتریکی کوچک بود و هنگامی کاربر نیاز به استفاده از درصد مشخصی از توان کل داشت، کارت DAQ دستور کاربر را به مدار کنترل ریزموج بصورت سیگنالی از جنس ولتاژ ارسال می‌نمود. میکروکنترلر زاویه چرخش مورد نظر را به موتور الکتریکی داده و توسط چرخش آن مقدار مقاومت مدار توسط پتانسیومتر تغییر کرده و این عمل با تغییر در بار ذخیره شده در خازن مدار، موجب تغییر در شکل سیگنال ولتاژ ورودی به

به طور طبیعی کاهش می‌یابد. محصول، بیشتر رطوبت خود را در لحظات اولیه خشک شدن از دست داد و در نتیجه زمان بیشتری برای از دست دادن رطوبت باقی‌مانده لازم است. لازم به ذکر است در قسمت دیگر از آزمایش نمونه مرزه بختیاری در سایه با دمای  $21 \pm 7$  درجه سلسیوس نیز خشک شد که زمان این فرایند ۵۲ ساعت بوده است. لازم به ذکر است با استفاده از روش ریز موج مرزه بختیاری به طور متوسط ۴۵۰ برابر زودتر از روش متداول (سایه) خشک شده است. در واقع تاییدی نیز بر کوتاه بودن زمان خشک شدن در روش ریز موج، می‌باشد [۱۱]. سعادتیان و همکاران هم روش ریز موج را بهترین روش خشک کردن گیاه شاه اسپرمی (*Tanacetumbalsamita*) بعلت کوتاه بودن زمان خشک کردن و بالا بودن کیفیت ترکیبات تایید می‌نمایند [۲۴].



**Fig 1** Drying trend of Bakhtiari savory at different microwave powers

تحلیل رگرسیونی چند متغیره در محیط نرم افزار MATLAB انجام شد. بهترین مدلی که می‌تواند سینتیک خشک شدن مرزه بختیاری را توصیف کند با توجه به بیشترین مقدار  $R^2$  و کمترین مقدار  $\chi^2$  و RMSE انتخاب شد. بر اساس این پارامترها برای توان‌های ۴۰۰ و ۸۰۰ وات مدل دو جمله‌ای و برای توان ۶۰۰ وات مدل پیچ اصلاح شده بهترین مدل برای توصیف روند خشک کردن بوده‌اند (جدول ۲). متولی و همکاران (۲۰۱۳) در خشک کردن محصول آلبالو با روش ریزموج بیان داشتند مدل پیچ بهترین مدل برای پیش بینی محتوای رطوبتی در این روش بوده است که با نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر در روش ریز موج مطابقت دارد [۲۵].

دقیقه در این دما باقی می‌ماند. دمای اتاقک تزریق و آشکار ساز به ترتیب  $250^\circ\text{C}$  و  $300^\circ\text{C}$  بود.

کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS): از کروماتوگرافی گازی Thermoquest-Finnigan متصل به طیف سنج جرمی TRACE، مجهز به ستون مشابه مشخصات بالا استفاده شد. دکتور Ion trap، گاز حامل هلیوم، انرژی یونیزاسیون در طیف سنج جرمی معادل ۷۰ الکترون ولت بوده است. دمای منبع یونیزاسیون  $260^\circ\text{C}$ ، ناحیه جرمی  $40-650\text{m/z}$  و برنامه دمایی هم مانند شرایط بالا استفاده گردید.

## ۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

طرح آزمایش مورد استفاده آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بوده است و مقایسه میانگین‌ها توسط روش دانکن صورت پذیرفت. تحلیل آماری نتایج با نرم افزار SPSS 16 انجام شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- تاثیر توان‌های مختلف ریز موج بر

#### رطوبت نمونه و مدت زمان خشک شدن

نتایج و تحلیل داده‌های آزمایش نشان داد با افزایش توان ریز موج زمان خشک کردن کاهش یافت بطوریکه با افزایش توان از ۴۰۰ به ۶۰۰ و ۸۰۰ وات زمان خشک شدن مرزه بختیاری به ترتیب ۲۳٪ و ۷۱٪ کاهش یافته است. شکل ۲ روند خشک شدن مرزه بختیاری را در توان‌های مختلف ریزموج نشان می‌دهد. افزایش توان خروجی ریزموج، رطوبت نسبی محصول را بیشتر کاهش داده است، زیرا اینگونه به نظر می‌رسد که با افزایش توان خروجی، دمای درون محفظه و شدت پرتوهای ریزموج افزایش یافته و باعث کاهش بیشتر میزان رطوبت دانه می‌شود، به عبارت دیگر توان بالاتر باعث انتقال بیشتر جرم و حرارت شده و کاهش رطوبت شدیدتر است. با توجه به شکل (۱)، سرعت خشک کردن و از دست دادن رطوبت با گذشت زمان در طی خشک کردن کاهش می‌یابد. در شروع روند خشک کردن، رطوبت اولیه گیاه مرزه بختیاری زیاد بوده و آهنگ از دست دادن رطوبت زیاد بوده است، بتدریج با گذشت زمان میزان رطوبت محصول کاهش پیدا کرده و کاهش رطوبت

**Table 2** Amount of  $R^2$ ,  $\chi^2$ , RMSE in different models of drying treatments

800W			600W			400W			Model
RMSE	$\chi^2$	$R^2$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$	RMSE	$\chi^2$	$R^2$	
0.0334	0.0736	0.9848	0.0503	0.1768	0.9689	0.0378	0.1256	0.9809	Lewis
0.01	0.0065	0.9987	0.0098	0.0066	0.9988	0.0123	0.0132	0.0998	Page
0.01	0.0065	0.9987	0.0098	0.0066	0.9988	0.0123	0.0132	0.0998	Modified Page
0.0219	0.0313	0.9935	0.0325	0.073	0.9871	0.0265	0.0611	0.9907	Henderson & Pabis
0.0219	0.0313	0.9935	0.0325	0.073	0.9871	0.0265	0.0611	0.9907	Logaritmic
0.0085	0.0046	0.999	0.0082	0.0046	0.9992	0.0104	0.0092	0.9986	Logistic
0.0223	0.013	0.9935	0.033	0.073	0.9871	0.0268	0.0611	0.9907	Two term
0.0075	0.0037	0.9992	0.0144	0.0144	0.9975	0.0068	0.004	0.9994	Two power
0.0922	0.5607	0.8838	0.1086	0.8252	0.8546	0.0959	0.8086	0.8768	Diffusivity

### ۳-۲- تاثیر توان‌های مختلف ریز موج بر بازده

#### اسانس

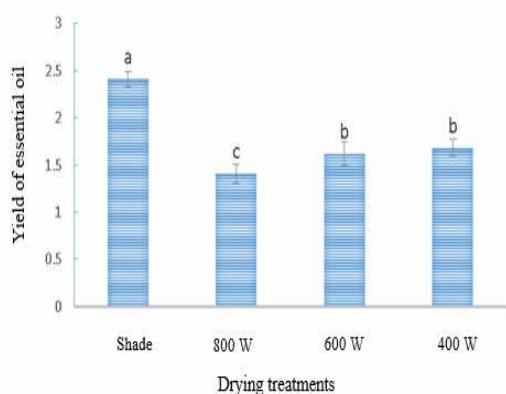
درصد بازده اسانس حاصل شده نشان می‌دهد که در روش خشک کردن سایه بیشترین درصد اسانس با ۲/۴۱ درصد (وزنی/حجمی) بدست آمده است. همانطور که در شکل ۲ نشان داده می‌شود بین تیمارهای خشک شده در توان های ۴۰۰ و ۶۰۰ وات اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، ولی بین سایر تیمارها اختلاف در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. لازم به ذکر است با افزایش توان ریزموج میزان بازده اسانس کاهش یافته است، بطوریکه توان ۸۰۰ وات با ۱/۴۲ درصد کمترین درصد بازده اسانس را داشته است. همانطور که مشاهده می‌شود روش ریزموج توانسته بیش از ۴۵۰ مرتبه زمان خشک شدن را نسبت به حالت سایه خشک کاهش دهد و این در حالی است که در توان‌های بالای ریزموج درصد اسانس حاصله ۴۲ درصد کاهش داشته است و این کاهش در توان‌های پایین مانند ۴۰۰ وات در حدود ۳۱ درصد بوده است. تحقیقات دیگر نیز نتایج مشابهی از اثرات خشک کردن با امواج ریز موج بر بازده اسانس گزارش کرده‌اند [۱۰ و ۲۶]. در تحقیقات پیشین بیان شده است که میزان دما و زمان خشک شدن بر افزایش یا کاهش میزان بازده اسانس تاثیر مستقیم دارند [۲۷].

### ۳-۳- تاثیر توان‌های مختلف ریز موج بر ترکیبات اسانس

پس از بدست آوردن کروماتوگرام ها و طیف های جرمی با محاسبه شاخص های بازداری، درصد کمی ترکیب‌ها و نیز با مطالعه طیف های جرمی و با استفاده از شاخص های بازداری ذکر شده در منابع روی ستون [۲۳DB-5]، ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس شناسایی شد. نتایج حاصل از شناسایی ترکیب-

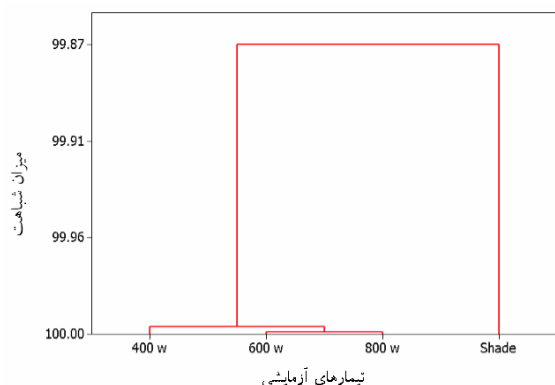
های اسانس‌ها در جدول ۲ دیده می‌شود. نتایج این بررسی نشان داد که پارا-سیمن، گاما-تریپنین، تیمول و کارواکرول بیشترین درصد ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس مرزه بختیاری را در هر ۴ تیمار خشک کردن تشکیل می‌دهند. که این نتایج با مطالعات قبلی محققان در مورد اسانس این گیاه هم‌خوانی دارد [۱۸ و ۱]. به نظر می‌رسد که بعضی اختلاف‌هایی که در نتایج ترکیبات موجود در اسانس مرزه بختیاری این تحقیق در مقایسه با مطالعات قبلی وجود دارد، تحت تاثیر منشا جغرافیایی و روش های خشک کردن می باشد. ۲۹ ترکیب شناسایی شده از اسانس مربوط به تیمار سایه، ۹۹/۲۲ درصد از اجزای اسانس را تشکیل می‌دهند. همچنین ۲۴ ترکیب شناسایی شده از اسانس مربوط به تیمارهای مربوط به روش ریزموج به ترتیب ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ وات ۹۷/۹۳، ۹۸/۰۴ و ۹۷/۸۹ درصد از اجزای اسانس را تشکیل می‌دهند. عمده‌ترین ترکیبات استخراج شده از اسانس در این مرحله در ۴ تیمار سایه، ریزموج ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ وات به ترتیب کارواکرول ۴۰/۴، ۴۲/۶۳، ۴۳/۵۴ و ۴۳/۷۲ درصد، تیمول ۱۵/۱۵، ۱۲/۷۱، ۱۲/۹۲ و ۱۳/۱۱ درصد و گاما-تریپنین ۱۶/۲، ۱۲/۹۴، ۱۲/۴۱ و ۱۲/۱۳ درصد بودند. در واقع درصد نسبی ترکیبات عمده اسانس‌ها به طور معنی‌داری در تیمارهای مختلف خشک کردن تغییر کرده است  $(p \geq 0.05)$ . تشکیل ترکیبات جدید تحت تاثیر اکسیداسیون، هیدرولیز گلیکوزیدها، استریفیکاسیون و سایر واکنش‌ها در اسانس‌ها موجب افزایش یا کاهش محتوای ترکیبات اسانس می‌گردد [۲۸]. در دماهای بالا، ساختار بیولوژیکی غدد اسانس گیاهان معطر تحت تاثیر قرار می‌گیرند و سلول‌های اپیتلیال در نمونه‌های خشک شده

به ذکر است نتایج تحقیقات قبلی در مورد گیاه ریحان نیز بیانگر این تفاوت معنی دار می باشد [۳۳]. علاوه بر این به نظر می رسد واکنش گیاهان مختلف نسبت به روش‌های مختلف خشک کردن متفاوت باشد که این موضوع ناشی از ماهیت اسانس، نوع ترکیبات تشکیل دهنده و فراریت نسبی آن‌ها است [۳۴].



**Fig 2** Yield of essential oil in different treatments (in similar letters indicate significant difference at 5%)

با بررسی همه ترکیبات شناسایی شده در اسانس مرزه بختیاری و مقایسه‌ای مابین تیمارهای ریزموج و سایه صورت پذیرفت. شکل ۳ دندروگرام تیمارهای آزمایشی مورد بررسی می‌باشد که در آن مشخص است بیشترین شباهت بین تیمارهای ۶۰۰ و ۸۰۰ وات بوده است. همچنین مشخص است بین تیمارهای ریزموج و سایه شباهت کاهش پیدا کرده است.



**Fig 3** Cluster analysis of different drying treatments of *Saturejabachtiarica Bunge*

گیاهان حساس روی هم می‌افتند [۲۹، ۲۶ و ۳۰]. نتایج مطالعه در پژوهشی نشان داد که ساختار سلول‌ها در طی فرایند خشک شدن با ریزموج در گیاه ریحان کمی منبسط می‌شوند که خود عاملی بسیار مهم و اساسی جهت انتشار ترکیبات فرارتر اسانس به اتمسفر می‌گردد. که در واقع در این مطالعه نیز کاهش واضح میزان ترکیبات مونوترپن هیدروکربنی اسانس مرزه بختیاری تأییدی نیز بر بروز این فرآیند می‌باشد (جدول ۳). به عبارت دیگر، احتمالاً مونوترپن‌های هیدروکربنی اسانس مرزه بختیاری در نزدیکی سطح برگ ذخیره می‌شوند که بر طبق مطالعه انجام شده توسط Asekun و همکاران (۲۰۰۷)، ترکیبات ذخیره شده در نزدیکی سطح برگ به طور قابل توجهی تحت تأثیر روش‌های خشک کردن قرار می‌گیرند [۳۱]. علاوه بر این روش خشک کردن با امواج ریز موج موجب افزایش محتوای سس‌کوئی‌ترین‌های هیدروکربنی از میزان ۲/۶۴٪ تیمار خشک شده در سایه به میزان ۶/۱۶٪ تیمار خشک شده در ۸۰۰ وات شده است که این تغییرات در محتوای سس‌کوئی‌ترین‌های هیدروکربنی با نتایج مطالعه Sellami و همکاران (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد [۲۷]. همان‌گونه که در ۴ تیمار مختلف خشک کردن ملاحظه می‌شود، بیشترین مقدار مجموع ترکیبات فنولی تیمول و کارواکرول که بر اساس مطالعات پیشین بیانگر کیفیت این اسانس هستند [۱۰]، در تیمار خشک شده به روش ریزموج با توان ۸۰۰ وات (۵۶/۸۳ درصد) به دست آمد. همچنین مدت زمان خشک کردن در توان ۸۰۰ وات ریزموج نسبت به سایر تیمارهای کوتاه‌تر بود، ولی بازده اسانس در این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر پایین‌تر است. بنابراین چنانچه کیفیت اسانس مد نظر باشد خشک کردن در ریزموج با توان ۸۰۰ وات توصیه می‌گردد. در صورتی که بازده اسانس مهم‌تر از کیفیت آن باشد، خشک کردن در سایه که بیشترین میزان بازده را دارد، توصیه می‌شود. در حالیکه مدت زمان کوتاه‌تر برای حذف رطوبت گیاه مدنظر باشد، روش ریزموج با توان ۸۰۰ وات توصیه می‌شود. بر طبق بررسی انجام شده در سال ۲۰۰۳ نیز روش خشک کردن با امواج ریز موج به طور واضحی باعث کاهش زمان خشک کردن بدون تغییر در کیفیت محصول گردیده است [۳۲].

نتایج بیانگر تفاوت معنی دار در درصد ترکیبات تشکیل دهنده اسانس حاصل از تیمار سایه و ریزموج بوده است. لازم

**Table 3** The values of different compounds of Bakhtiari savory essential oil at different drying treatments

microwave			Shadow	RI	Compounds	number
800W	600W	400W				
-	-	-	0.9	932	$\alpha$ -Thujene	1
-	-	-	0.8	938	$\alpha$ -Pinene	2
-	-	-	0.7	950	Camphene	3
-	-	-	0.2	974	$\beta$ -Pinene	4
0.25	0.28	0.51	1.46	987	$\beta$ -Myrcene	5
-	-	-	0.2	999	$\alpha$ -Phelandrene	6
0.49	0.53	0.79	1.78	1012	$\alpha$ -Terpinene	7
<u>5.16d</u>	<u>5.47c</u>	<u>5.84b</u>	<u>7.9a</u>	1020	$p$ -Cymene	8
0.89	0.88	0.82	0.45	1026	Limonene	9
0.76	0.76	0.87	1.75	1028	$\Delta$ -3-Carene	10
0.61	0.56	0.48	0.16	1029	1,8-Cineole	11
0.97	0.95	0.9	T	1047	(E)- $\beta$ -Ocimene	12
12.13	12.41	12.94	16.2	1057	$\gamma$ Terpinene	13
0.04	0.04	0.03	-	1063	Cis-sabinene hydrate	14
T	0.01	0.03	0.12	1084	Terpinolene	15
3.94	3.89	3.82	1.48	1095	Linalool	16
5.63	5.41	5.24	2.45	1161	Borneol	17
0.64	0.71	0.77	0.7	1175	Terpin-4-ol	18
T	T	T	T	1180	$\alpha$ -Terpineol	19
-	-	-	1.07	1229	Thymol methyl ether	20
T	T	T	T	1280	Anethole (E)	21
<u>13.11b</u>	<u>12.92c</u>	<u>12.71c</u>	<u>15.15a</u>	1286	Thymol	22
<u>43.72a</u>	<u>43.54b</u>	<u>42.63ab</u>	<u>40.4c</u>	1295	Carvacrol	23
0.24	0.23	0.2	-	1310	4-Terpinyl acetate	24
0.34	0.34	0.4	0.49	1348	Thymol acetate	25
1.12	1.17	1.23	1.32	1364	Carvacryl acetate (cis)	26
5.16	5.11	ε/∞	1.89	1413	$\beta$ -Caryophyllene	27
0.21	0.24	0.32	0.35	1438	Aromadenderen	28
0.79	0.77	0.72	0.4	1501	$\beta$ -Bisabolene	29
1.34	1.32	1.23	T	1511	Myristicin	30
0.36	0.49	0.58	0.7	1580	Caryophyllene oxide	31

T= less than 0.001, Different letters show significant difference at 5% (Duncan)

#### ۴- نتیجه گیری

خشک کردن مد نظر باشد خشک کردن در ریزموج با توان ۸۰۰ وات توصیه می‌گردد. در صورتی که بازده اسانس مهمتر از کیفیت آن باشد، خشک کردن در سایه که بیشترین میزان بازده را دارد، توصیه می‌شود.

نتایج و تحلیل داده‌های آزمایش نشان داد با افزایش توان ریز موج زمان خشک کردن و میزان اسانس کاهش یافت. همچنین کاهش واضح میزان ترکیبات مونوترپن هیدروکربنی و افزایش محتوای سس کوئی ترپن‌های هیدروکربنی نیز با افزایش توان ریز موج اتفاق افتاد. بیشترین مقدار تیمول و کارواکرول و هم چنین مجموع ترکیبات فنولی که طبق مطالعات قبلی بیانگر کیفیت اسانس هستند در خشک کردن به روش ریزموج با توان ۸۰۰ وات به دست آمد. بنابراین چنانچه کیفیت اسانس و زمان

#### ۵- منابع

[1] Sefidkon, F., and Jamzad, Z. (2000). Essential oil of *Satureja bachtiarica* Bunge. *Journal of Essential Oil Research*, 12: 545-546.



- [13] Heindl, A.G. and Müller, J. (2007). Microwave drying of medicinal and aromatic plants. *Stewart Postharvest Review*, 3: 1-6.
- [14] Funebo, T. and Ohlsson, T. (1998). Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *Journal of Food Engineering*, 38: 353-367.
- [15] Bouraoui, M., Richard, P. and Durance, T. 1994. Microwave and convective drying of potato slices. *Journal of Food Process Engineering*, 17: 353-363.
- [16] Prabhanjan, D., Ramaswamy, H. and Raghavan, G. (1995). Microwave-assisted convective air drying of thin layer carrots. *Journal of Food engineering*, 25: 283-293.
- [17] Tulasidas, T., Raghavan, G. and Norris, E. (1993). Microwave and convective drying of grapes. *Transactions of the ASAE*, 36: 1861-1865.
- [18] Pirbalouti, A.G., Oraie, M., Pouriamehr, M. and Babadi, E.S. (2013b). Effects of drying methods on qualitative and quantitative of the essential oil of Bakhtiari savory (*Satureja bachtiarica* Bunge.). *Industrial Crops and Products*, 46: 324-327.
- [19] Evin, D. (2012). Thin layer drying kinetics of *Gundelia tournefortii* L. *Food and Bioproducts Processing*, 90: 323-332.
- [20] Liu, X., Qiu, Z., Wang, L., Cheng, Y., Qu, H. and Chen, Y. (2009). Mathematical modeling for thin layer vacuum belt drying of *Panax notoginseng* extract. *Energy Conversion and Management*, 50: 928-932.
- [21] Commission, B.P., Council, G.M. and Commission, G.B.M. (2001). *British pharmacopoeia*, Her Majesty's Stationery Office.
- [22] Zomorodian, K., Moein, M., Lori, Z.G., Ghasemi, Y., Rahimi, M.J., Bandegani, A., Pakshir, K., Bazargani, A., Mirzamohammadi, S. and Abbasi, N. (2013). Chemical composition and antimicrobial activities of the essential oil from *Myrtus communis* leaves. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16: 76-84.
- [23] Adams, R.P. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry, Allured publishing corporation.
- [24] Saadatianb, M. a. M. a. M. and Khadijeh, S.R. (2013). Effects of growing stages and drying methods on quality of shahsparam (*Tanacetum balsamita* L.).
- [25] Motavali, A., Najafi, G.H., Abbasi, S., Minaei, S. and Ghaderi, A. (2013).
- [2] Moyrhydar, H. (2001). *Plant Sciences*, Office of Islamic culture.
- [3] Evans, W.C. (2009). *Trease and Evans' pharmacognosy*, Elsevier Health Sciences.
- [4] Hosseinzadeh, B., Khoshtaghaza, M., Mahdavian, A. and Najafi, G. (2011). Analyses and modelling of moisture desorption at different methods of mint (*Mentha spicata* Huds) leaves drying. *Thai Journal of Agricultural Science*, 45: 1-9.
- [5] Azizi, M., Rahmati, M., Ebadi, T. and Hasanzadeh Khayyat, M. (2009). The effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazulene contents of chamomile (*Matricaria recutita*) flowers. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25: 182-192.
- [6] Deans, S. and Svoboda, K. (1990). Effect of drying regime on volatile oil and microflora of aromatic plants. *International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants*, XXIII IHC 306. pp. 450-452.
- [7] Basker, D. (1993). Saffron, the costliest spice: drying and quality, supply and price. *International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants* 344. pp. 86-97.
- [8] Raghavan, B., Rao, L.J., Singh, M. and Abraham, K. (1997). Effect of drying methods on the flavour quality of marjoram (*Oreganum majorana* L.). *Food/Nahrung*, 41: 159-161.
- [9] Kayhani, A., Sefidkon, F. and Monfared, A. (2014). The effect of drying and distillation methods on essential oil content and composition of *Satureja sahendica* Bornm.
- [10] Sefidkon, F., Abbasi, K. and 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: 19-23.
- [11] Szumny, A., Figiel, A., Gutiérrez-Ortiz, A. and Carbonell-Barrachina, Á.A. (2010). Composition of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) as affected by drying method. *Journal of Food engineering*, 97: 253-260.
- [12] Yousif, A.N., Scaman, C.H., Durance, T.D. and Girard, B. (1999). Flavor volatiles and physical properties of vacuum-microwave-and air-dried sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 4777-4781.

- [30] Díaz - Maroto, M.C., Sánchez Palomo, E., Castro, L., Viñas, G. and Pérez - Coello, M.S. (2004). Changes produced in the aroma compounds and structural integrity of basil (*Ocimum basilicum* L) during drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 2070-2076.
- [31] Asekun, O., Grierson, D. and Afolayan, A. (2007). Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of *Mentha longifolia* L. subsp. *Capensis*. *Food Chemistry*, 101: 995-998.
- [32] Nindo, C.I., Sun, T., Wang, S., Tang, J. and Powers, J. (2003). Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *LWT-Food Science and Technology*, 36: 507-516.
- [33] Pirbalouti, A.G., Mahdad, E. and Craker, L. (2013a). Effects of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil of two basil landraces. *Food chemistry*, 141: 2440-2449.
- [34] Omidbaigi, R., Sefidkon, F. and Kazemi, F. (2004). Influence of drying methods on the essential oil content and composition of Roman chamomile. *Flavour and fragrance journal*, 19: 196-198.
- Microwave–vacuum drying of sour cherry: comparison of mathematical models and artificial neural networks. *Journal of food science and technology*, 50: 714-722.
- [26] Rahimmalek, M. and Goli, S. a. H. (2013). Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristics of *Thymys daenensis* subsp. *daenensis*. *Celak leaves. Industrial Crops and Products*, 42: 613-619.
- [27] Sellami, I.H., Wannas, W.A., Bettaieb, I., Berrima, S., Chahed, T., Marzouk, B. and 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.
- [28] Díaz-Maroto, M., Pérez-Coello, M. and Cabezudo, M. (2002). Effect of different drying methods on the volatile components of parsley (*Petroselinum crispum* L.). *European Food Research and Technology*, 215: 227-230.
- [29] Venskutonis, P. (1997). Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). *Food chemistry*, 59: 219-227.

## Evaluation of the Effect of different microwave dryer power on the Qualitative and Quantitative properties of Essential oil of Bakhtiari Savory

Hosseinzadeh-Samani, B. <sup>1</sup>, Lorigooini, Z. <sup>2\*</sup>, Fasihzadeh, Sh. <sup>3</sup>

1. Ph.D, Assistant professor, Department of mechanical engineering of biosystem, Shahrekord University.

2. Ph.D, Assistant professor, Medical Plants Research Center, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

3. MSc, Medical Plants Research Center, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

(Received: 2015/11/26 Accepted: 2016/02/03)

Drying is one of the most important post-harvest stages of medical plants which has a significant effect on the quality and quantity of the effective compounds. In order to promote the objectives of the study, microwave power was selected as an independent variable so that power variable microwave was designed and constructed. After collection and drying the savory samples in the shade, the essential oil at different treatments was extracted in three levels of 400, 600 and 800 W. The volatile oil was analyzed using GC/MS method. Results of experiments showed that increase in the power from 400 W to 600 and 800 W caused a reduction in drying time. The most yield of essential oil was obtained in the shade drying method with the essence value of 2.41%. It was also revealed that with increasing the microwave power, the amount of essence decreased, so that the microwave power of 800 W had the lowest essence value. The highest values of thymol and carvacrol and sum of them that show the quality of essential oil was obtained in drying methods with microwave power of 800 W (56.83%). Overall, when the quality of essence is important, the common method of shade drying is suggested, while considering the speed and quality, the microwave drying is recommended.

**Keywords:** *Satureja bachtiarica* Bunge, Microwave, Kinetic, Essential Oil.

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: zahralorigooini@gmail.com