Archive of SID

فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، سال چهارم، شماره ۱۳، صفحه۱۶-۱، پاییز ۱۳۹۵

اثر فرایند خشک کردن بر خصوصیات کمی و کیفی برگ گیاه علف چشمه *(Nasturtium officinale)*

سیده حسنا استادزاده[1]، سیده زهرا سیدالنگی[2*]

1. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران
2. دانشیار، گروه شیمی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

(تاریخ دریافت: 95/4/5، تاریخ پذیرش: 95/6/13)

چکیده

در این مطالعه، اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه علف چشمه شامل افت رطوبت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقادیر ویتامین ث، فسفر، کلسیم و آهن بررسی شد. جهت خشک کردن برگ‌ها از خشک‌کن‌های آون هوای داغ با دماهای ۴۰،۵۰ و 60 درجه سانتی‌گراد، مایکروویو با توان‌های ۱۸۰، ۳۶۰ و450 وات و روش آفتابی سنتی استفاده شد. از نظر مدت زمان خشک شدن، طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین زمان به‌ترتیب مربوط به تیمارهای خشک شده با آفتاب به مدت1920 دقیقه و مایکروویو 450 وات به مدت 22 دقیقه بود. در نمودارهای شدت افت رطوبت محصول، یک دوره سرعت ثابت و یک دوره سرعت نزولی دیده شد. با افزایش توان مایکروویو و دمای آون هوای داغ سرعت خشک کردن افزایش و زمان آن کاهش یافت. در روش آفتاب به‌دلیل نوسانات دمایی، خشک کردن با سرعت کم‌تری انجام شد. بیش‌ترین میزان ویتامین ث، آهن و کلسیم به‌ترتیب در تیمارهای خشک شده با آون 60 درجه سانتی‌گراد (6/9 میلی گرم بر صد گرم)، آفتاب (519/8 ppm) و مایکروویو 180 وات (210/68 گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد. هم‌چنین، بیش‌ترین مقدار فسفر در خشک کردن با آون 40 درجه سانتی‌گراد (0/523 گرم در صد) حاصل گردید. به‌طور کلی، تیمارهای خشک شده با آون و ماکروویو با توجه به دارا بودن محتوای رطوبت کم‌تر در یک وزن ثابت نسبت به تیمارهای خشک شده با آفتاب، مقدار املاح بیش‌تری را در خود حفظ نمودند. بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به تیمار خشک شده با مایکروویو 360 وات تعلق داشت. با توجه به نتایج می‌توان اظهار نمود که خشک کردن گیاه علف چشمه با استفاده از آون 40 درجه سانتی‌گراد و مایکروویو با توان 180 وات از این جهت که میزان مواد مؤثره در گیاه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به تیمارهای دیگر حفظ می‌شود، مطلوب‌تر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: علف چشمه، خشک کردن، مایکروویو، آون هوای داغ.

* نویسنده مسئول: zalangi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگه‌داری محصولات کشاورزی بعد از برداشت است. این فرایند شامل حذف رطوبت با استفاده از عمل تبخیر تا حد رسیدن به یک آستانه خاص است تا بتوان محصول را برای مدت طولانی انبار کرد و فعالیت آنزیمی، میکروارگانیسم‌ها و مخمرها را در آن متوقف نمود [1]. مزایای خشک کردن شامل افزایش زمان ماندگاری محصول خشک‌شده در مقایسه با سایر روش‌ها، تولید محصول با وزن و حجم کم‌تر، عدم نیاز به سردخانه، کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و بسته‌بندی می‌باشد [2، 3]. خشک کردن طبیعی و خشک کردن با هوای داغ به‌دلیل دربر داشتن هزینه‌های کم‌تر، هنوز هم از مهم‌ترین روش‌های مورد استفاده در تولید ماده گیاهی خشک به‌شمار می‌روند. روش خشک کردن طبیعی (سایه و آفتاب) معایب زیادی مثل، عدم امکان جابه‌جایی مقادیر زیاد ماده گیاهی و حصول به استانداردهای ثابت کیفیت دارد [1]. خشک کردن با امواج مایکروویو یکی از روش‌های جدید درخشک کردن محصولات کشاورزی می‌باشد. کوتاه بودن زمان خشک کردن در این روش از مزایای مهم آن است. خشک کردن با مایکروویو سبب تولید گیاهان خشک‌شده با رنگ مناسب و درصد بالای مواد مؤثره می‌شود [3]. فرایند خشک کردن با مایکروویو روشی به‌نسبت ارزان بوده که امروزه توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. طیف الکترومغناطیسی بین بسامدهای 300 MHz تا 300 GHz نشانگر امواج مایکروویو است [4].

بولاغ اوتی یا علف چشمه با نام علمی *Nasturtium officinale* به تیره شب بویان *Brassicaceae* تعلق دارد و گیاهی است علفی و پایا که ساقه‌های خوابیده آن به‌طور عمده ضخیم و گوشت‌دار است [5]. از نظر طب سنتی گیاه علف چشمه دارای طبعی گرم و خشک و اشتها آور خوبی محسوب می‌شود. مصرف علف چشمه، باعث درمان ناراحتی‌هایی چون آسم، دیابت، سل ریوی، برونشیت، اختلالات هاضمه، گواتر، اسهال خونی، زخم‌های واریسی، راشیتیسم، یرقان، اسکوربوت، رماتیسم، نقرس و انواع ناراحتی‌های کلیه و کبد و ریه است [5]. هم‌چنین طبق تحقیقات انجام‌شده مشخص شد مصرف منظم روزانه 57 گرم این گیاه موجب کاهش پیشرفت سرطان ریه در افراد سیگاری می‌شود [6].

تحقیقات متعددی درباره خشک کردن محصولات کشاورزی به خصوص سبزی‌ها انجام شده است. نتایج آزمایشات جوادی یانبلاغ و همکاران در تولید سیب خشک به‌وسیله خشک‌کن خورشیدی و روش خشک کردن با آون هوای گرم نشان داد که سرعت خشک شدن در آون، 75 درصد بیش‌تر از خشک کردن در خشک‌کن خورشیدی است و هم‌چنین کم‌ترین زمان خشک کردن با روش هوای خشک بود [7]. نصرالهی و همکاران در خشک کردن با آون و مایکروویو برگه گلابی سردشت بیان کردند با افزایش دمای آون و توان مایکروویو مقدار قند کل افزایش و اسید آسکوربیک کاهش یافت. میزان اتلاف اسید آسکوربیک در خشک کردن با مایکروویو در مقایسه با آون کم‌تر بود. در خشک کردن مایکروویو، زمان لازم برای رسیدن به رطوبت نهایی مورد نظر کاهش یافت. و در نهایت خشک کردن با مایکروویو در مقایسه با آون نتایج بهتری را نشان داد [8]. مهدی‌نژاد شانی و همکاران ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های مختلف علف چشمه را بررسی و گزارش نمودند که بیش‌ترین بازده استخراج در عصاره متانولی و بیش‌ترین میزان ترکیبات فنولی در عصاره استنی مشاهده شد [9]. با توجه به این‌که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص بررسی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر خصوصیات کیفی علف چشمه منتشر نشده است، لذا اهداف این تحقیق شامل بررسی اثر خشک کردن با آون، مایکروویو و آفتاب بر خصوصیات کمی و کیفی علف چشمه شامل نسبت رطوبت، شدت خشک کردن، مقادیر ویتامین ث، فسفر، کلسیم، آهن و فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- آماده سازی نمونه‌ها

برای انجام آزمایشات، گیاه علف چشمه به‌صورت تازه از روستای دنگلان واقع در غرب استان گلستان جمع‌آوری و پس از جدا کردن برگ‌های گیاه، در یخچال در دمای 5-6 درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. قبل از انجام فرایند، نمونه‌ها به‌منظور حذف غبار و آلودگی‌های احتمالی به‌صورت دستی شسته شدند. میزان رطوبت اولیه با روش خشک کردن در آون به‌دست آمد. نمونه‌های 20 گرمی در آون با

www.SID.ir

Archive of SID

دمای 1±105 درجه سانتی‌گراد قرارگرفته و خشک شدند. به‌طوری که تغییر وزنی بین دو بار توزین نهایی مشاهده نشد. این کار در 3 تکرار انجام شد [10]. فرایند خشک کردن گیاه علف چشمه با استفاده از خشک‌کن مایکروویو (سامسونگ مدل CE3760F/CE3760FS با حداکثر توان خروجی 900 وات، فرکانس عملکرد 2450 مگا هرتز، ابعاد داخلی 251×392×375 میلی‌متر، حجم 1/3 فوت مکعب و مجهز به سینی گردان و تنظیم دیجیتال توان و زمان) در سه سطح توانی 180، 360 و450 وات، آون (ممرت، آلمان) با دماهای ۴۰، ۵۰ و60 درجه سانتی‌گراد و روش آفتابی سنتی شامل خشک کردن در آفتاب (زیر نور مستقیم، دمای 30 درجه سانتی‌گراد، در ساعات 8 الی 18 با زاویه تابش در ساعت 8 صبح،12 ظهر، 16 و 18 بعد از ظهر به‌ترتیب، β 35، β 76، β 35 و β 13، به مدت 1200 دقیقه و خشک کردن در سایه، بدون نور آفتاب، در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 720 دقیقه انجام شد. در خشک‌کن مایکروویو، عملیات توزین کردن نمونه‌ها در وقفه‌های زمانی 1 دقیقه و در آون در یک ساعت اول هر 5 دقیقه و در یک ساعت دوم هر 10 دقیقه و پس از آن هر 20 دقیقه و در روش آفتاب در وقفه زمانی 30 دقیقه‌ای اجرا شد. توزین نمونه‌ها تا زمانی ادامه یافت که اختلاف وزنی بین دو وزن گیری متوالی مشاهده نشد.

2-2- سینتیک خشک کردن

نسبت رطوبت (MR) و شدت خشک کردن (DR) گیاه علف چشمه در طی خشک کردن در تمامی تیمارها با استفاده از معادله (1) و (2) محاسبه شد[11]:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (1)$$

$$DR = \frac{(M_0 - M_1)\times 60}{(t_2 - t_1)\times M_2} \quad (2)$$

که در این معادلات MR نسبت رطوبت، M_t رطوبت نمونه بر مبنای وزن خشک در زمان t، M_0 رطوبت اولیه بر مبنای خشک، M_e مقدار رطوبت تعادلی بر مبنای خشک، DR شدت خشک شدن برحسب Kg H2O/Kg dried matter.min، M_0 در معادله شدت خشک کردن، وزن آب موجود در نمونه در لحظه t_1 بر حسب گرم، M_1 وزن آب موجود در نمونه در لحظه t_2 بر حسب گرم، M_2 رطوبت تعادلی، t_1 زمان اولیه بر حسب ثانیه، t_2 زمان ثانویه بر حسب ثانیه می‌باشد.

2-3- آزمایشات کیفی

برای اندازه‌گیری میزان ویتامین ث، کلسیم و فسفر از استاندارد ملی ایران استفاده شد [15-12]. برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH) از روش بلویز استفاده شد [16].

در این تحقیق تیمارها به صورت زیر کد گذاری شده‌اند:

آون 40 درجه سانتی‌گراد: Oven -40

آون 50 درجه سانتی‌گراد: Oven -50

آون 60 درجه سانتی‌گراد: Oven -60

مایکروویو180 وات: MW -180

مایکروویو360 وات: MW -360

مایکروویو450 وات: MW -450

آفتاب: Sun

تازه: Fresh

2-4- تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف دمایی از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) و برای مقایسه بین میانگین پارامترهای کمی و کیفی مورد اندازه‌گیری در انواع تیمارهای مورد مطالعه از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه دانکن (LSR) و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel، استفاده شد. نتایج تأثیر دما بر وزن خشک کردن به‌وسیله طرح تصادفی با تیمارهای خشک شده با روش‌های آفتاب، آون هوای داغ و مایکروویو در سه تکرار انجام شد. میانگین تیمارها با نرم افزار SPSS و آزمون دامنه‌ای دانکن در سطح 5٪ مقایسه شد.

3- نتایج و بحث

3-1- بررسی سینتیک خشک کردن برگ علف چشمه

3-1-1- تأثیر دماهای مختلف آون بر سینتیک خشک کردن

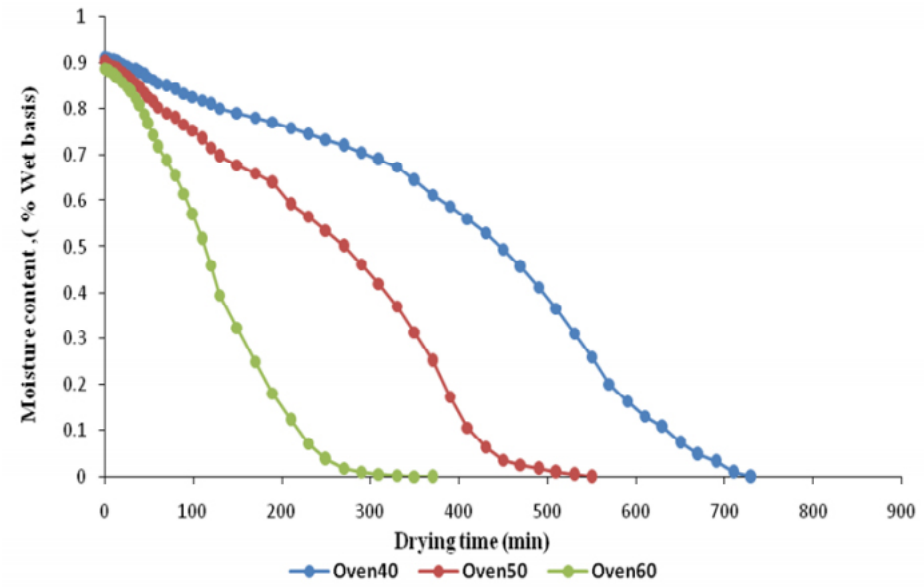
در شکل (1) تغییرات مقدار رطوبت در دماهای مختلف آون

www.SID.ir

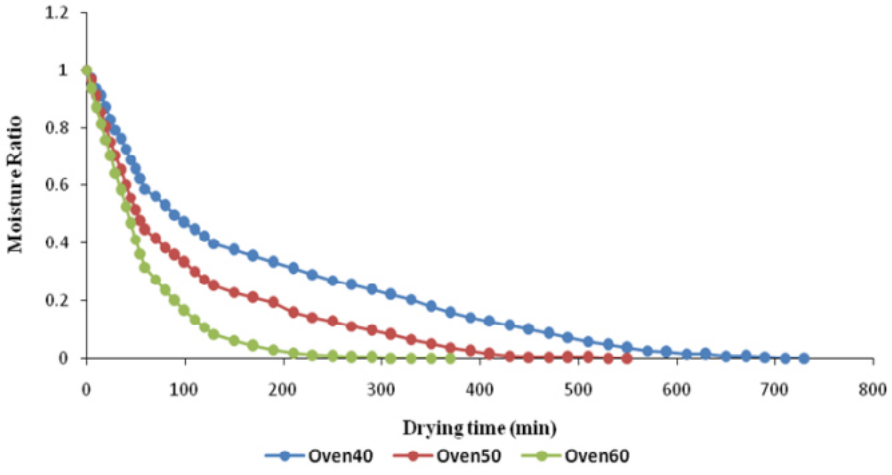
Archive of SID

برحسب زمان نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است در ابتدای فرایند خشک کردن، آهنگ خشک کردن بالا است ولی با گذشت زمان به‌دلیل چروکیدگی بافت و کاهش محتوای رطوبت، سرعت افت رطوبت کاهش می‌یابد. در مراحل بعدی کاهش محتوای رطوبت به آهستگی صورت می‌گیرد. زمان مورد نیاز برای کاهش یک مقدار معین از محتوای رطوبت، وابسته به شرایط عملیاتی است به‌طوری‌که در Oven-60، 370 دقیقه و در Oven-40، 730 دقیقه به طول انجامید تا رطوبت به‌طور کامل از نمونه خارج شود.

شکل (2) نسبت رطوبت به زمان در فرایند خشک کردن با آون هوای داغ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر دما بر نسبت رطوبت معنی‌دار است ($P<0/05$). مقایسه نتایج در دماهای متفاوت آون نشان داد که نسبت رطوبت با افزایش زمان، شیب نزولی دارد و هم‌چنین با افزایش دما، رطوبت بیش‌تری در یک فاصله زمانی ثابت، از برگ‌ها خارج می‌شود. مطابق شکل (2) با افزایش دمای خشک کردن از



شکل (1) نمودار محتوای رطوبت بر مبنای وزن تر نسبت به زمان خشک کردن در آون



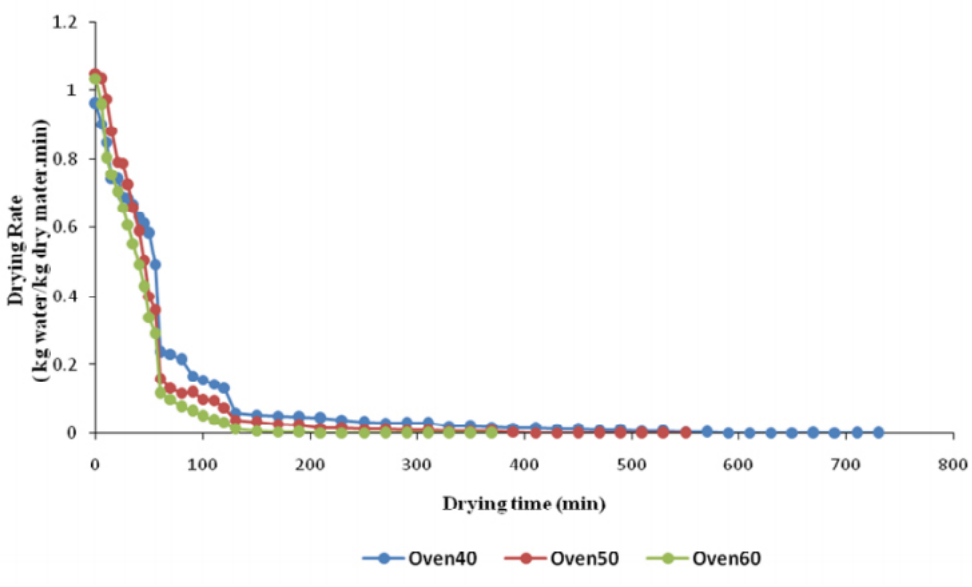
شکل (2) نمودار تغییرات نسبت رطوبت خشک شدن برگ‌های علف چشمه در آون نسبت به زمان خشک شدن

www.SID.ir

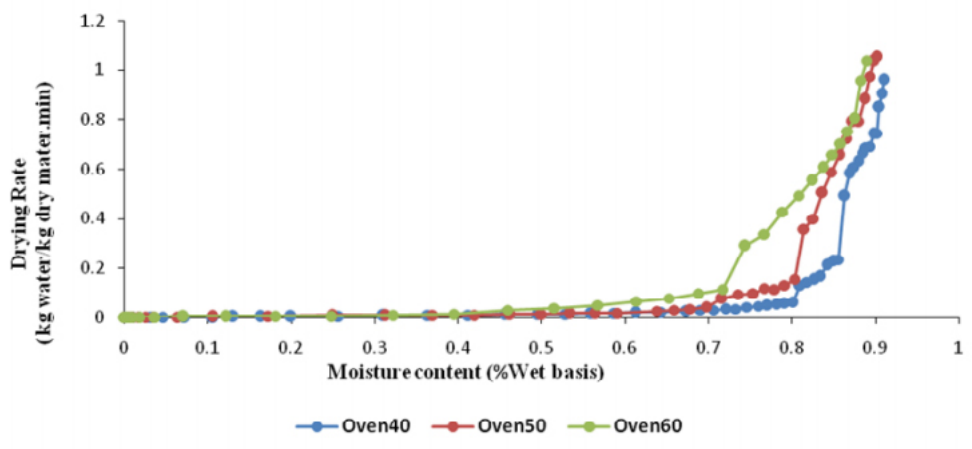
Archive of SID

40 به 60 درجه سانتی‌گراد نسبت خروج رطوبت در یک دوره زمانی ثابت یک روند افزایشی داشته است. به‌طوری‌که شیب نمودار در دمای 60 درجه سانتی‌گراد تندتر بوده و مدت زمان لازم برای خشک شدن نمونه سریع‌تر می‌باشد.

با توجه به نمودار شدت خشک شدن در آون (شکل‌های 3 و 4) مشاهده می‌شود که شدت خشک کردن در ابتدای فرایند بیش‌تر از مراحل انتهایی است که این امر به‌دلیل زیاد بودن مقدار رطوبت در ابتدای فرایند خشک کردن و در نتیجه بالا بودن شدت تبخیر رطوبت از سطح برگ‌های علف چشمه است. هم‌چنین چروکیدگی سطح محصول در مراحل انتهایی خشک کردن باعث ایجاد یک مقاومت در انتقال آب به سطح محصول شده که این امر باعث کاهش شدت خشک کردن در مراحل پایانی خشک کردن می‌شود [17]. هم‌چنین، شکل (3) نشان می‌دهد با افزایش دما از 40 به 60 درجه سانتی‌گراد شیب نمودار تندتر شده و شدت خشک کردن افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، همان‌طور که در شکل (4) مشاهده می‌گردد



شکل (3) نمودار شدت خشک کردن برگ‌های علف چشمه در آون نسبت به زمان خشک کردن



شکل(4) نمودار شدت خشک کردن برگ‌های علف چشمه در آون نسبت به محتوای رطوبت بر مبنای تر

www.SID.ir

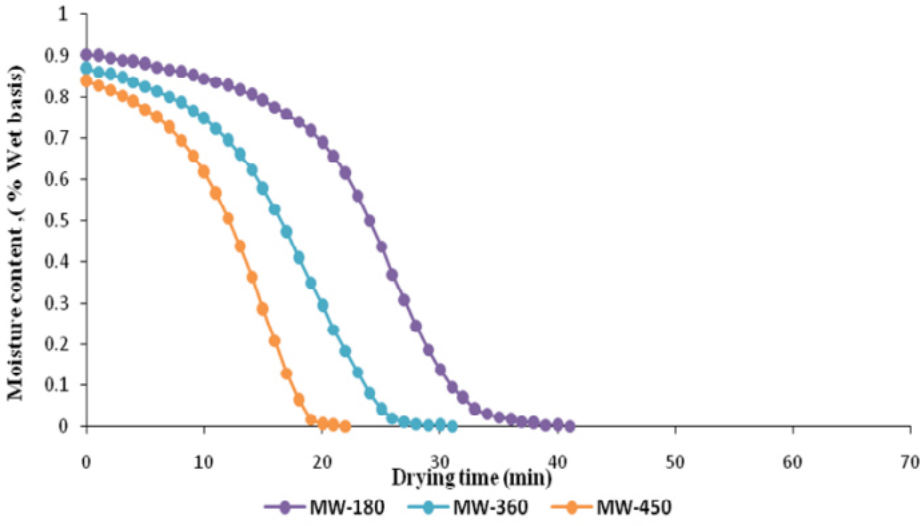
Archive of SID

آهنگ خشک کردن به‌طور پیوسته با کاهش میزان رطوبت یا افزایش زمان خشک کردن، کاهش می‌یابد. آهنگ خشک کردن برای برگ‌های علف چشمه خشک شده در دماهای بالاتر، نسبت به برگ‌هایی که در دماهای پایین‌تری خشک شده بودند، بیش‌تر بود. در نتیجه زمان خشک کردن در دماهای بالاتر کاهش می‌یافت. زیرا رطوبت نسبی هوا با افزایش درجه حرارت کاهش و خروج رطوبت آسان‌تر انجام می‌شد. بنابراین طبق نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین و کم‌ترین شدت خشک کردن نسبت به محتوای رطوبت به‌ترتیب مربوط به Oven-60 و Oven-40 بود.

نتایج این تحقیق با نتایج باقری و همکاران بر روی کشک محلی، خفاجه و همکاران بر روی گیاه دارویی آویشن، آکپینار و همکاران بر روی جعفری، ازبک و دادالی بر روی نعناع مطابقت داشت [18-21]. سیدلو و همکاران در بررسی تأثیر دماهای 60، 70 و 80 درجه سانتی‌گراد بر روی ویژگی‌های کیفی ورقه‌های سیب با استفاده از خشک کردن هوای داغ به این نتیجه رسیدند که افزایش سرعت و دمای خشک کردن بر زمان خشک کردن تأثیر دارد. سرعت خشک کردن با افزایش سرعت و دمای هوای خشک‌کن افزایش می‌یابد [22]. در مطالعات دویماز بر روی خشک کردن آریل‌های انار (رقم ترکیه) در دمای 55، 65 و 75 درجه سانتی‌گراد مشاهده کردند که افزایش دمای هوای خشک‌کن باعث کاهش زمان خشک کردن می‌شود، سرعت خشک کردن با دما افزایش و زمان کل خشک کردن کاهش می‌یابد [23].

2-1-3- تأثیر توان‌های مختلف مایکروویو بر سینتیک خشک کردن

اثر توان مایکروویو بر زمان خشک شدن در شکل (5) نشان داده شده است. در شروع فرایند خشک کردن با ماکروویو در تیمارهای مختلف، رطوبت اولیه محصول و شدت از دست دادن رطوبت زیاد بود ولی به تدریج با گذشت زمان، مقدار رطوبت محصول کاهش پیدا کرد و در نتیجه سرعت کاهش رطوبت نیز به‌طور طبیعی کاهش یافت. افزایش توان خروجی مایکروویو رطوبت نسبی محصول را بیش‌تر کاهش داد، زیرا این‌گونه به‌نظر می‌رسد که با افزایش توان خروجی مایکروویو، دمای درون محفظه و شدت پرتوهای مایکروویو افزایش یافته و باعث کاهش بیش‌تر میزان رطوبت گردید، به عبارت دیگر توان بالاتر باعث انتقال بیش‌تر جرم و حرارت شده و کاهش رطوبت افزایش می‌یابد. بنابراین، بیش‌ترین زمان لازم برای خشک شدن تا جایی که رطوبت به‌طور کامل از نمونه خارج شود، در توان 180 وات به مدت 41 دقیقه و کم‌ترین زمان خشک شدن مربوط به تیمار 450 وات به مدت 22 دقیقه دیده شد. سرعت خشک شدن رابطه مستقیمی با توان خروجی مایکروویو و رابطه معکوس با فشار هوا دارد، لذا با افزایش توان مایکروویو زمان خشک شدن کاهش و منحنی خشک کردن مایکروویو شیب تندتری به خود گرفت که به‌دلیل سرعت زیاد



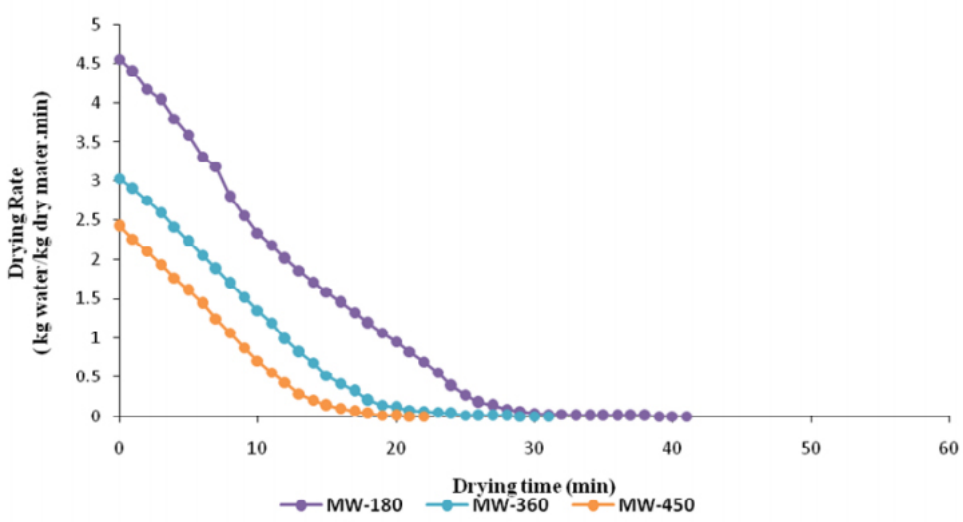
شکل (5) نمودار محتوای رطوبت بر مبنای وزن تر نسبت به زمان خشک کردن در مایکروویو

www.SID.ir

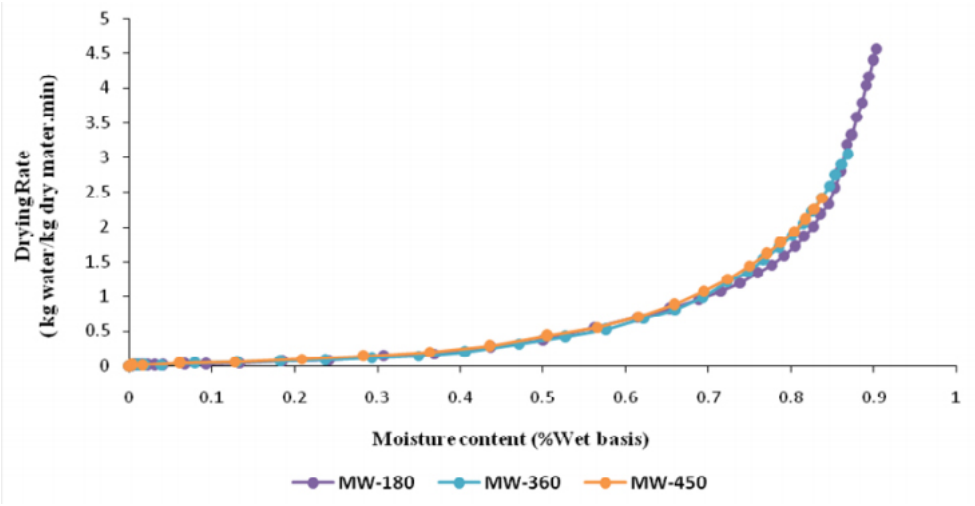
Archive of SID

خشک کردن می‌باشد. علت آن این است که مکانیسم گرمایش مایکروویو حجمی است و باعث می‌شود که فرایند گرمایش نسبت به روش‌های معمول مانند جابه‌جایی با هدایت خیلی سریع‌تر انجام شود، به‌علاوه گرما در درون ماده تولید می‌گردد [17].

شکل (6)، نمودار شدت خشک کردن برگ‌های علف چشمه در مایکروویو نسبت به زمان خشک شدن را نشان می‌دهد. طبق این نمودار با افزایش توان ماکروویو از 180 به 450 وات شیب نمودار افزایش یافته و شدت خشک کردن نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، شدت خشک کردن در تیمار 450- MW بیش‌ترین مقدار بود (شکل 6). بر اساس شکل (7)، سرعت خشک کردن برای برگ‌هایی که در توان‌های بالاتر مایکروویو خشک شده بودند، بالاتر بود. زیرا رطوبت نسبی هوا با افزایش توان خشک کردن کاهش می‌یابد و خروج رطوبت آسان‌تر انجام می‌گیرد. هم‌چنین، طبق نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین شدت خشک کردن نسبت به محتوای رطوبت در تیمارهای مختلف خشک شده با مایکروویو متعلق به نمونه450- MW بود (شکل 7).



شکل (6) نمودار شدت خشک کردن برگ‌های علف چشمه در مایکروویو نسبت به زمان خشک شدن



شکل(7) نمودار شدت خشک کردن نسبت به محتوای رطوبت بر مبنای تر در مایکروویو

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طور کلی با توجه به شکل‌های (6) و (7)، با کاهش میزان رطوبت، جذب انرژی مایکروویو توسط آن‌ها کم‌تر، انتشار رطوبت کم‌تر شد و در نتیجه با گذشت زمان سرعت خشک کردن کاهش یافت [23]. سرعت از دست دادن آب از محصول با حرکت آب از لایه‌های داخلی به سطح محصول تعیین می‌شود و در خشک کردن با مایکروویو، سه روند در سرعت خشک کردن گیاه علف چشمه وجود دارد، روند افزایشی، ثابت و کاهشی که روند کاهشی مربوط به حرکت سخت‌تر آب از درون محصول می‌باشد [24]. نتایج حاصل با نتایج تحقیقات شارما و همکاران بر روی سیر، ماسکن بر روی موز و فونبو و همکاران بر روی سیب و قارچ مطابقت داشت [27-25].

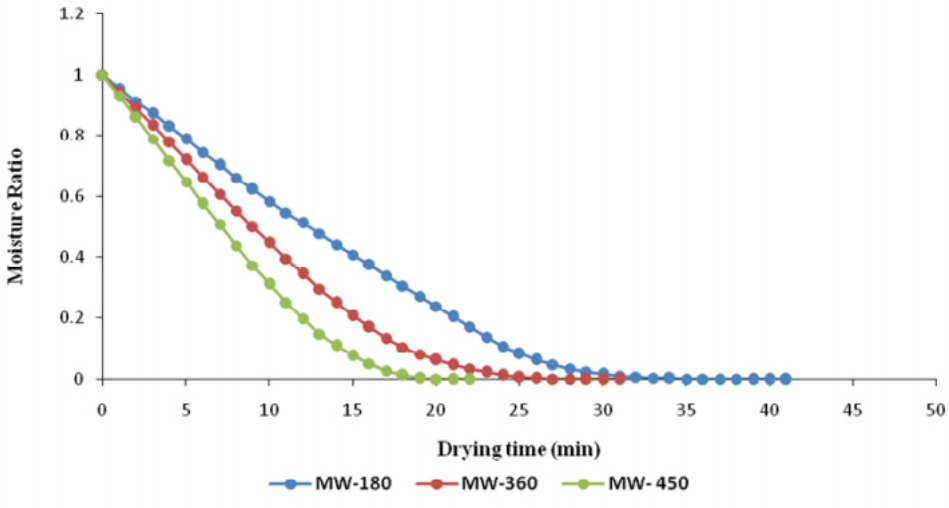
شکل (8) نمودار نسبت رطوبت در فرایند خشک کردن علف چشمه با مایکروویو را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، اثر توان مایکروویو بر نسبت رطوبت نیز معنی‌دار است. افزایش توان خروجی مایکروویو، رطوبت نسبی در محصول را بیش‌تر کاهش می‌دهد، زیرا این‌گونه به نظر می‌رسد که با افزایش توان خروجی از مایکروویو دمای درون محفظه و شدت پرتوهای مایکروویو افزایش یافته و باعث کاهش بیش‌تر میزان رطوبت علف چشمه می‌شود، به عبارت دیگر توان بالاتر باعث انتقال بیش‌تر جرم و حرارت شده و کاهش رطوبت شدیدتر است [17]. همان‌طور که از تحقیق حاضر به‌دست آمده است شیب نمودار در توان 450 وات تندتر از 180 وات بوده و خروج رطوبت سریع‌تر می‌باشد. نتایج حاصل با نتایج تحقیقات آسکون و همکاران در مورد برگ‌های پونه و آکپینار و همکاران در مورد خشک کردن جعفری، خفاجه و همکاران در مورد گیاه دارویی آویشن، شعبانی وهمکاران بر روی فلفل دلمه‌ای مطابقت داشت [19، 20، 28 و 29].

بر اساس تحقیقات یکتاخواه و همکاران در بررسی سینتیک رفتار خشک شدن خرما با استفاده از چهار توان مایکروویو، 180، 360، 540 و 720 وات و تأثیر آن بر سینتیک خشک کردن خرما مشاهده شد خشک کردن خرما با استفاده ازمایکروویو در توان‌های بالاتر از 300 وات تأثیر نامطلوبی بر کیفیت محصول دارد و افزایش توان از 180 به 720 وات باعث کاهش زمان خشک کردن و افزایش سرعت خشک کردن می‌گردد [30].

3-1-3- تأثیر روش آفتابی سنتی بر سینتیک خشک کردن برگ علف چشمه

شکل (9) تغییرات مقدار رطوبت برگ‌های خشک‌شده با روش آفتاب علف چشمه به زمان را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، در خشک کردن با آفتاب زمان طولانی‌تری به مدت 1920 دقیقه نسبت به روش‌های خشک کردن در آون و مایکروویو نیاز دارد که این امر به‌دلیل نوسانات دمایی و عدم کنترل شرایط جوی می‌باشد [31a].

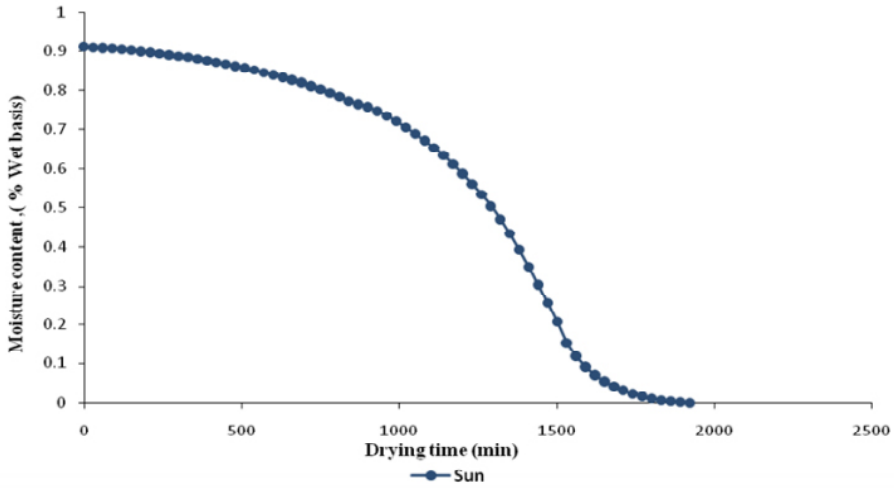
شکل‌های (10) و (11) شدت خشک کردن بر حسب زمان و نیز برحسب میزان رطوبت در مبنای تر در روش خشک کردن با آفتاب نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (10)



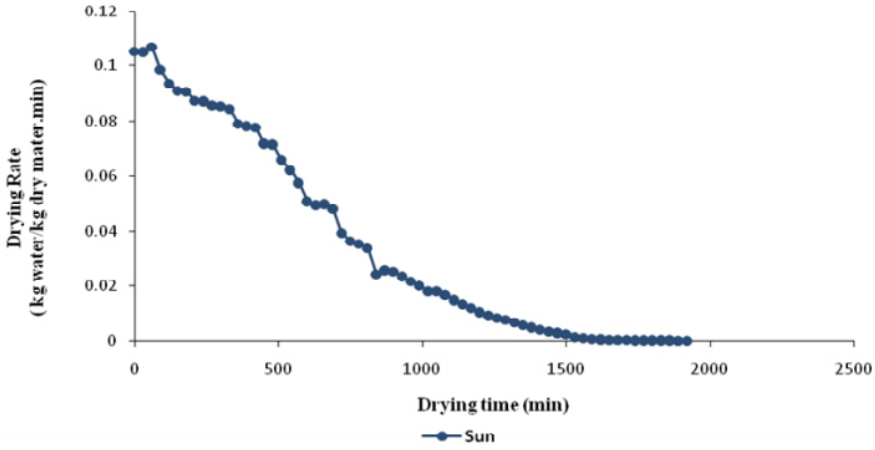
شکل (8) نمودار تغییرات نسبت رطوبت خشک شدن برگ‌های علف چشمه در مایکروویو نسبت به زمان خشک شدن

www.SID.ir

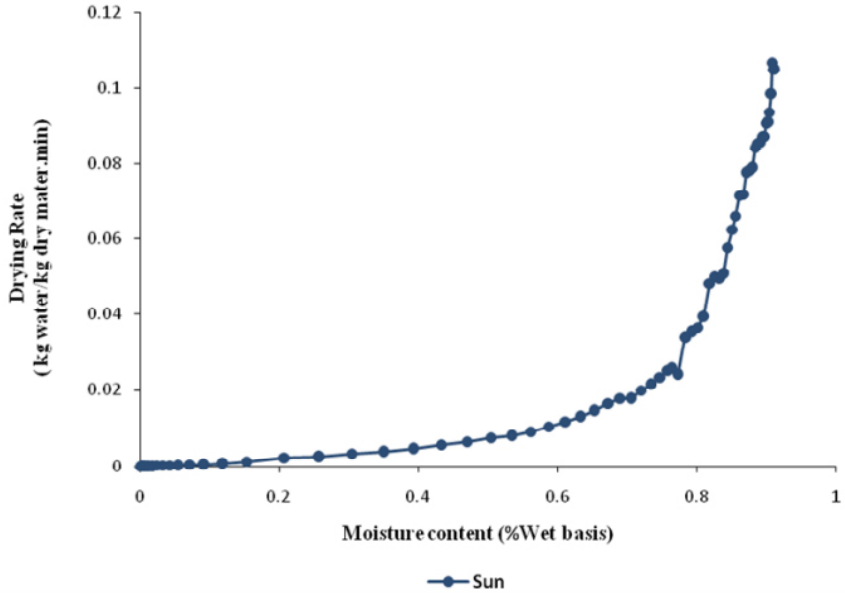
Archive of SID



شکل(9) نمودار محتوای رطوبت بر مبنای وزن تر نسبت به زمان خشک شدن با آفتاب برگ‌های علف چشمه



شکل(10) نمودار شدت خشک کردن برگ‌های علف چشمه با آفتاب نسبت به زمان خشک شدن



شکل (11) نمودار شدت خشک کردن با آفتاب نسبت به محتوای رطوبت بر مبنای تر برگ‌های علف چشمه

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده می‌شود آهنگ خشک کردن به‌طور پیوسته با کاهش میزان رطوبت یا افزایش زمان خشک کردن، کاهش می‌یابد. نمودار شدت خشک کردن در آفتاب همرا با شیب ملایم‌تر و آهنگ خشک شدن کم‌تر نسبت به تیمارهای دیگر می‌باشد. هم‌چنین با مقایسه شدت خشک کردن نسبت به محتوای رطوبت بین تمامی تیمارهای مورد بررسی، مشخص می‌گردد که کم‌ترین آن به نمونه خشک شده با آفتاب تعلق دارد (شکل 11).

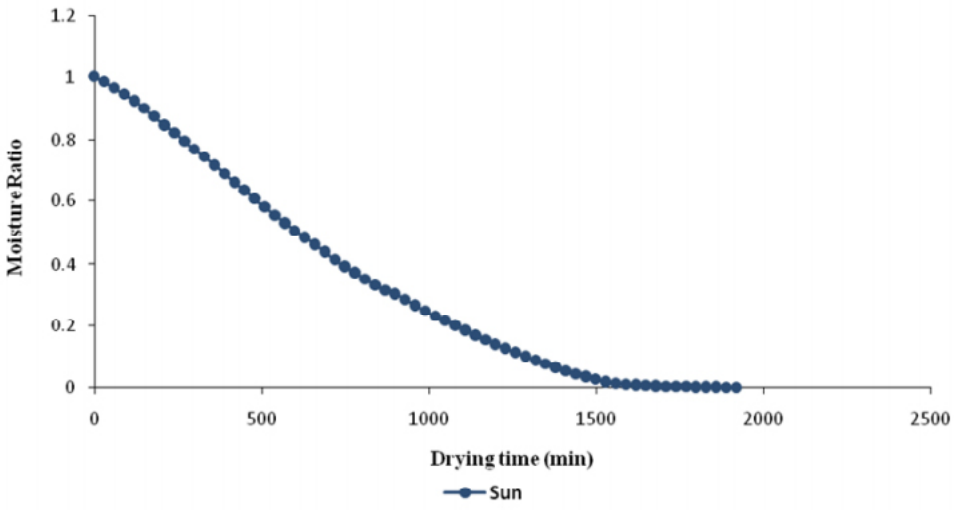
شکل (12) تغییرات نسبت رطوبت خشک شدن برگ‌های علف چشمه در آفتاب نسبت به زمان خشک شدن را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار، سرعت خشک کردن در ابتدای فرایند بالاست ولی با گذشت زمان، محتوای رطوبتی و سرعت خشک کردن کاهش می‌یابد و در مراحل بعدی خشک کردن محتوای رطوبت به شکل آرام‌تری کاهش می‌یابد. در مجموع در این روش خشک کردن همان‌طور که در نمودار آن مشاهده می‌شود نمونه با شیب ملایم‌تری شروع به خشک شدن می‌نماید و در نهایت در مدت زمان طولانی‌تری نمونه به وزن ثابت نهایی می‌رسد. نتایج حاصل در این تحقیق با نتایج به‌دست آمده توسط اکبری و همکاران بر روی گوجه‌فرنگی مطابقت داشت [32].

2-3- تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر ویتامین ث، املاح و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ علف چشمه

1-2-3- ویتامین ث

مقادیر به‌دست آمده از آزمایشات اندازه‌گیری ویتامین ث در جدول (1) آمده است. نتایج نشان داد مقدار ویتامین ث در بین تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P<0/05$). بیش‌ترین میزان ویتامین ث در تیمار Oven-60، (6/9 mg/ 100g) موجود بود. هم‌چنین نمونه خشک شده در آفتاب کم‌ترین مقدار ویتامین ث (2/46 mg/ 100g) را دارا بود (جدول 1). میزان ویتامین ث در نمونه‌های خشک‌شده با آون بیش‌تر از نمونه‌های تازه و خشک‌شده علف چشمه با روش‌های آفتاب و مایکروویو بود. این امر می‌تواند به‌دلیل ارتباط مستقیم بین مقادیر ویتامین ث با روش، قدرت، دما و زمان خشک کردن باشد. به‌طوری‌که توان‌های بالاتر مایکروویو و زمان طولانی‌تر خشک شدن در آفتاب اثرات نامطلوب بیش‌تری بر از دست رفتن ویتامین ث نمونه‌ها داشتند [17]. ویتامین ث بر اثر فرایندهای حرارتی اکسید گردیده و به دهیدروآسکوربیک اسید تبدیل می‌گردد.

نمونه‌های خشک شده در آون 60 درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین مقدار ویتامین ث را نسبت به نمونه‌های خشک شده در آون با دماهای 40 و 50 درجه سانتی‌گراد داشتند (جدول 1). این امر را می‌توان به مدت زمان کم‌تری برای از دست دادن رطوبت با توجه به دمای بالاتر آون در این تیمار نسبت داد، لذا ویتامین ث درون گیاه کم‌تر آسیب می‌بیند. البته بین نمونه‌های Oven-60 و Oven-50 و هم‌چنین نمونه تازه با نمونه‌های خشک شده در آون 40 و 50 درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار



شکل(12) نمودار تغییرات نسبت رطوبت خشک شدن برگ‌های علف چشمه با آفتاب نسبت به زمان خشک شدن

www.SID.ir

Archive of SID

وجود نداشت. در بین تیمارهای مایکروویو نیز نمونه خشک شده در مایکروویو 180 وات میزان ویتامین ث بیش‌تری دارا بود که دلیل این امر این است که توان‌های بالاتر منجر به سوختگی محدودی نسبت به توان‌های پایین‌تر می‌گردند و هرچه توان مایکروویو کم‌تر باشد با توجه به حساسیت ویتامین ث به حرارت، این ویتامین بهتر در درون گیاه بهتر حفظ می‌شود. هم‌چنین، عدم اختلاف معنی‌دار در مقدار ویتامین ث تیمار MW-180 با نمونه‌های تازه، Oven-40 و Oven-50 دیده شد (جدول 1). از سوی دیگر، نمونه خشک شده در آفتاب با نمونه خشک شده در مایکروویو 360 اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین مقدار ویتامین ث را دارا بودند (جدول 1).

نتایج تحقیق حاضر با آزمایشات یکتاخواه و همکاران بر روی خرما، مسلمی و همکاران بر روی زردآلو، سرابیار وهمکاران بر روی کیوی مطابقت داشت [30، 33و34].

2-2-3- آهن

مقادیر به‌دست آمده از آزمایشات تعیین مقدار آهن در جدول (2) آمده است. نتایج نشان داد مقدار آهن در بین تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<0/05). کم‌ترین میزان آهن در نمونه تازه (173/35 ppm) دیده شد، اما در برگ‌های خشک‌شده مقدار آهن افزایش پیدا کرد. این امر به‌دلیل آن است که برای اندازه‌گیری مقدار آهن از یک مقدار ثابت از نمونه‌ها یعنی مقدار ماده خشک ثابت استفاده شد. در نتیجه نمونه‌های خشک‌شده به‌دلیل داشتن رطوبت کم‌تر در یک وزن ثابت مقدار آهن بیش‌تری را نسبت به نمونه تازه، با وجود دارا بودن رطوبت بیش‌تر، از خود نشان دادند. هم‌چنین در آزمایشات اندازه‌گیری آهن بهترین مقدار مربوط به نمونه‌های خشک‌شده با آفتاب (519/41 ppm) بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با Oven-40 نداشت و تیمار MW-180 از حیث مقدار آهن بعد از این دو تیمار قرار گرفت. با افزایش دمای آون و توان مایکروویو مقدار آهن کاسته شد (جدول 2). در بین تیمارهای خشک شده با آون، مقدار آهن به‌ترتیب Oven-40 > Oven-50 >Oven-60 بوده است. بین تیمارهای Oven-50 و Oven-60 اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، هرچند مقدار آهن در تیمار Oven-50 بیش‌تر از با Oven-60 بود، اما با آون 40 درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول 2). این‌طور به نظر می‌رسد دمای کم‌تر آون برای حفظ آهن بهتر عمل نموده است. هم‌چنین، در بین تیمارهای ماکروویو، مقدار آهن به‌ترتیب MW-180 > MW-360 >MW-450 بوده است. نتایج تحقیق حاضر با آزمایشات قمرگیر و همکاران بر روی پونه سفید مطابقت داشت [35]. ازکان و همکاران اثر روش‌های خشک کردن را بر محتوای املاح ریحان مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آنان نشان داد مقدار آهن در هر دو روش خشک کردن با آون و آفتاب بیش‌تر از نمونه تازه ریحان بوده است[31b] آنان علت این امر را به مقدار ماده خشک موثر و و محتوای رطوبت آن‌ها نسبت دادند.

3-2-3- کلسیم

مقادیر به‌دست آمده از آزمایشات تعیین مقدار کلسیم در

جدول(1) مقادیر ویتامین ث (mg/ 100g) در نمونه‌های تازه و خشک شده با آفتاب، آون و مایکروویو برگ‌های علف چشمه

صفت/تیمار	Fresh	Sun	Oven-40	Oven -50	Oven -60	MW-180	MW-360	MW-450
ویتامین ث	5/1±0/12 bc	2/46±0/12 d	4/97±0/8 bc	6/04±0/16/ab	6/9±0/81 a	5/36±0/12 b	2/46±0/25 d	4/18±0/31 c

میانگین ± انحراف معیار از میانگین، حروف کوچک مشترک نشان از عدم تفاوت معنی‌دار است (P<0/05).

جدول(2) مقادیر آهن (ppm) در نمونه‌های تازه و خشک شده با آفتاب، آون و مایکروویو برگ علف چشمه

صفت/تیمار	Fresh	Sun	Oven-40	Oven -50	Oven -60	MW-180	MW-360	MW-450
آهن	173/35±8/83 d	519/8±1/41 a	504/75±1/76 a	366/9±15/4 c	362±9/75 c	438/3±15/2 b	418/55±1/76 b	408/95±18/31 b

میانگین ± انحراف معیار از میانگین، حروف کوچک مشترک نشان از عدم تفاوت معنی‌دار است (P<0/05).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (3) آمده است. نتایج نشان داد مقدار کلسیم در بین تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<0/05). نمونه تازه کم‌ترین میزان کلسیم (165/53 g/kg) را دارا بوده و از نظر آماری با تیمارهای آفتاب،Oven-50 و Oven-60 دارای اختلاف معنی‌دار نبود. بیش‌ترین میزان کلسیم در نمونه خشک‌شده MW-180 (210/68 g/kg) دیده شد (جدول 3). به‌طور کلی، میزان کلسیم در نمونه‌های خشک‌شده با مایکروویو بیش‌تر از نمونه‌های تازه و خشک‌شده با روش‌های آفتاب و آون بود. در مجموع به علت استفاده از یک مقدار جرمی یکسان در تمامی نمونه‌ها، تیمارهای خشک‌شده به‌دلیل رطوبت کم‌تر و ماده خشک بیش‌تر، مقدار کلسیم بیش‌تری از نمونه‌های تازه از خود نشان دادند. اما با افزایش دمای آون و توان مایکروویو مقدار آن کاهش یافت. دلیل این امر می‌تواند اثرات نامطلوب سطح توان بالا و قدرت خشک کردن زیاد در ماکروویو، دماهای بالا در روش آون هوای داغ و مدت زمان طولانی‌تر خشک شدن در روش آفتاب باشد. به‌طوری‌که مقدار کلسیم در بین تیمارهای خشک شده با آون در نمونه Oven-40 و در بین تیمارهای خشک شده با مایکروویو در نمونه MW-180 بالاتر از تیمارهای دیگر می‌باشد (جدول 3). ازکان و همکاران اثر روش‌های خشک کردن را بر محتوای املاح ریحان مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آنان نشان داد مقدار کلسیم در هر دو روش خشک کردن با آون و آفتاب بیش‌تر از نمونه تازه ریحان بوده است [31b] آنان علت این امر را به مقدار ماده خشک و محتوای رطوبت آن‌ها نسبت دادند. از سوی دیگر، در تحقیق آنان میزان کلسیم در نمونه خشک شده با آون بیش‌تر از تیمار خشک شده با آفتاب بود که با نتایج تحقیق حاضر در تیمارهای Oven-40 و Oven-50 هم‌خوانی دارد [31b]. هم‌چنین، نتایج تحقیق حاضر با آزمایشات قمرگیر و همکاران بر روی پونه سفید مطابقت داشت [35].

4-2-3- فسفر

نتایج حاصل از آزمایش تعیین مقدار فسفر در جدول (4) آمده است. طبق شکل بیش‌ترین مقدار فسفر (0/523 گرم در صد) در تیمار Oven-40 و کم‌ترین مقدار آن (0/451 گرم درصد) در تیمار خشک شده با آفتاب به‌دست آمد. مقدار فسفر در نمونه تازه نسبت به نمونه‌های خشک‌شده در آفتاب اختلاف معنی‌دار داشت. دلیل پایین‌تر بودن میزان فسفر با آفتاب این است که نمونه در این روش مدت زمان طولانی تری را جهت خشک شدن سپری نموده است و حاوی محتوای رطوبت بیش‌تر در یک وزن مشخص نسبت به تیمارهای دیگر می‌باشد (شکل 9). در بین تیمارهای آون بیش‌ترین مقدار مربوط به نمونه خشک‌شده درOven-40 و کم‌ترین مقدار مربوط به نمونه خشک‌شده درOven-60 است که دلیل آن مشابه نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامتر کلسیم می‌باشد، در ضمن اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های خشک‌شده در دمای 40 و50 درجه سانتی‌گراد و نیز بین 50 و 60 درجه سانتی‌گراد وجود نداشت (جدول 4). هم‌چنین در بین تیمارهای مایکروویو هم اختلاف معنی‌داری دیده نشد که علت آن به این خاطر است که سطح توان و مدت زمان لازم برای خشک شدن نمونه توسط مایکروویو بر روی فسفر موجود در نمونه اثر ناچیزی داشت. از آنجایی‌که بین Oven-40 که بیش‌ترین میزان فسفر را داشته با MW-180 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، لذا از نظر میزان فسفر این روش‌ها را هم می‌توان مناسب در نظر گرفت. نتایج تحقیق حاضر با آزمایشات قمرگیر و همکاران

جدول(3) مقادیر کلسیم (g/Kg) در نمونه‌های تازه و خشک شده با آفتاب، آون و مایکروویو برگ‌های علف چشمه

صفت/تیمار	Fresh	Sun	Oven-40	Oven -50	Oven -60	MW-180	MW-360	MW-450
کلسیم	165/04±2/65 d	167/38±4/79 d	177/07±2/14 c	169/06±4/08 cd	165/53±3/01 d	210/68±0/31 a	193/84±2/25 b	187/97±5/75 b

میانگین ± انحراف معیار از میانگین، حروف کوچک مشترک نشان از عدم تفاوت معنی‌دار است (P<0/05).

جدول(4) مقادیر فسفر (گرم درصد) در نمونه‌های تازه و خشک شده با آفتاب، آون و مایکروویو برگ‌های علف چشمه

صفت/تیمار	Fresh	Sun	Oven-40	Oven -50	Oven -60	MW-180	MW-360	MW-450
فسفر	0/495±0/02 ab	0/451±0/01 c	0/523±0/00 a	0/492±0/03 ab	0/475±0/02 bc	0/509±0/00 ab	0/509±0/01 ab	0/487±0/01 abc

میانگین ± انحراف معیار از میانگین، حروف کوچک مشترک نشان از عدم تفاوت معنی‌دار است (P<0/05).

www.SID.ir

Archive of SID

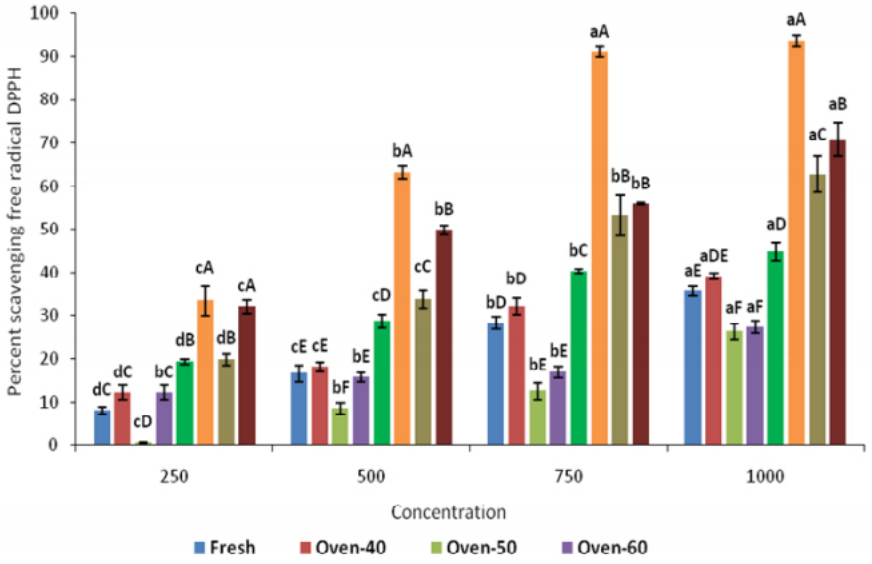
بر روی پونه سفید مطابقت داشت [35]. ازکان و همکاران اثر روش‌های خشک کردن را بر محتوای املاح ریحان مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آنان نشان داد میزان فسفر در نمونه خشک شده با آون بیش‌تر از تیمار خشک شده با آفتاب بود که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد [31b].

5-2-3- فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش مهار رادیکال آزاد DPPH

شکل (13)، درصد مهار رادیکال آزاد DPPH توسط غلظت‌های مختلف عصاره‌های متانولی برگ علف چشمه تازه و خشک‌شده را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد در بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود ($P<0/05$). عصاره متانولی حاصل از نمونه تازه به‌دلیل رطوبت بالا، درصد مهارکنندگی بالایی از خود نشان نداد. بیش‌ترین درصد مهارکنندگی بین تیمارها در تمامی غلظت‌ها، مربوط به MW-360 بوده و کم‌ترین آن در Oven-50 دیده شد (شکل 13). در نمونه‌های خشک‌شده با مایکروویو زمان طولانی‌تر توان‌های پایین‌تر و قدرت بیش‌تر توان‌های بالاتر، اثرات نامطلوب بیش‌تری بر روی نمونه‌های خشک‌شده با ماکروویو داشت. در روش خشک کردن با آون بیش‌ترین درصد مهارکنندگی مربوط به Oven-40 و کم‌ترین درصد مهارکنندگی به Oven-50 تعلق داشت. دلیل آن زمان کوتاه‌تر خشک شدن در Oven-60 و دمای پایین‌تر در Oven-40 است، لذا احتمال تخریب مواد موثر در آنتی‌اکسیدانی، کم‌تر است. برای حفظ ساختار شیمیایی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به‌طور معمول حرارت کم‌تر از 50-60 درجه سانتی‌گراد مناسب می‌باشد. هم‌چنین، در بین تیمارهای آون، Oven-60 و Oven-40 در غلظت‌های 250 و 500 پی پی ام، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر وجود نداشت. تیمار آفتاب در غلظت 250 پی‌پی‌ام اختلاف معنی‌داری با MW-360 نداشته است و در مابقی غلظت‌ها از نظر قدرت مهارکنندگی بعد از نمونه‌های خشک شده در مایکروویو 360 وات قرار می‌گیرد که این امر به‌دلیل گرمای ملایمی است که گیاه برای خشک شدن در آفتاب دریافت می‌کند، لذا مواد موجود در آن کم‌تر دچار آسیب می‌شود.

4- نتیجه‌گیری

طبق نتایج به‌دست آمده در این پژوهش میزان رطوبت اولیه گیاه علف چشمه بر مبنای وزن مرطوب 89/61٪ بود. در نمونه تازه گیاه علف چشمه به‌دلیل گوشتی بودن این گیاه و بالا بودن میزان رطوبت، برخی از پارامترهای کمی و کیفی محاسبه‌شده



شکل (13) درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH در غلظت‌های مختلف عصاره‌های برگ تازه و خشک‌شده برگ‌های علف چشمه
حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد می‌باشد. حروف بزرگ مقایسه بین ردیف‌ها را نشان می‌دهد.
حروف کوچک مقایسه بین ستون‌ها را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

در آن نسبت به سایر تیمارها کم‌تر بود. زمان طولانی در خشک کردن علف چشمه با آفتاب باعث افت برخی از پارامترهای کیفی محصول نهایی شد. استفاده از انرژی مایکروویو علاوه‌بر جداسازی سریع آب ماده غذایی، موجب بهبود ویژگی‌های ساختمانی آن نسبت به هوای داغ گردید، اما در شدت‌های بالا باعث برخی از تغییرات نامطلوب در نمونه‌ها شد. با افزایش دمای خشک‌کن هوای داغ و توان مایکروویو، زمان خشک شدن کاهش و سرعت خشک کردن افزایش یافت. توان‌های بالای مایکروویو اثرات بیش‌تری بر روی از دست رفتن ویتامین ث داشت. هم‌چنین، دماهای بیش‌تر آون، توان‌های بالاتر مایکروویو و زمان طولانی‌تر خشک شدن با آفتاب در تخریب مقادیر آهن، کلسیم و فسفر نقش داشت. مقدار فسفر نمونه تازه اختلاف معنی‌داری با آون با دمای 40 درجه سانتی‌گراد نداشت و مقدار آن بالا بود. درصد جذب رادیکال آزاد DPPH در روش خشک کردن با مایکروویو تحت تأثیر سطح توان و زمان قرار گرفت. طبق نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود که استفاده از آون با دمای 40 درجه سانتی‌گراد و مایکروویو با توان 180 وات در خشک کردن برگ علف چشمه جهت حفظ املاح، ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مؤثرتر عمل می‌نمایند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

[1] Azizi, M., Rahmati, M., Ebadi, T., Hasanzadeh khayyat, M. (2009). The effects of different drying methods on weight loss rate, essential oil and chamazolene contents of chamomile (Matricaria recutita) flowers. *Iranian J. Med. Aromat. Plants*, 25(2), 182-192.

[2] Rezaei, K., Niakosari, M. (2008). Study of the drying process plant with two methods including hot air and freeze dryer. *18th International Congress on Food Science & Technology*, 6(1), 57-68.

[3] Ebadi, T., Rahmati, M., Azizi, M., Hasanzadeh khayyat, M. (2009). Effects of different drying methods (natural method, oven and microwave) on drying time, essential oil content and composition of Savory (Satureja hortensis L.). *Iranian J. Med. Aromat. Plants*, 26(4), 477-489.

[4] Krulis, M., Kuhnert, S., Leiker, M., Rohm, H. (2005). Influence of energyinput and initial moisture on physical properties of microwave vacuum dried strawberries. *Eur. Food Res. Technol*., 221, 803-808.

[5] Mirheydar, H. (1385). *Plant Sciences*, Islamic Culture Publications Office – Tehran, 8(8).

[6] Hecht, S.S., Chung, F.L., Richie, J.P. J.R., Akerkar, S.A., Borukhova, A., Skowronski, L., Carmella, S.G. (1995). Effects of watercress consumption on metabolism tabaco-specific lung carcinogen in smokers. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, 4(8), 877-884.

[7] Yanbalagh, D., Noori Bigdeli, H. (1394). Comparison of dried apple production by solar dryer and drying with hot air (oven). *First National Conference on Agricultural and Environmental Sciences Iran*, Ardabil Research Center of the Earth cave, (pp.8).

[8] Nasrollahi, F., Esmaeeli, M. (1393). Effect of drying on quality Pear sheet of Sardasht. *The first national conference between meals.* Institute of Food Science and Technology Research Mashhad, Mashhad, (pp.8).

[9] Mehdinejad Shanii, M., Arabshahi Dolouee, S., Fadavi, A. (1393). Study of antioxidant properties different extracts of Watercress (NasturtiumOfficinale L). *The Second National Conference of Medicinal Plants and Sustainable Agriculture*, Hamedan, (pp.21).

[10] Oztekin, S., Martinov, M. (2007). *Medicinal and*

www.SID.ir

Archive of SID

[20] Akpinar, K.., Bicer, Y., Cetinkay, F. (2006). Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun. *J. Food Eng*., 3, 308-315.

[21] Ozbek, B., Dadali, G. (2007). Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment. *J. Food Eng*., 4, 541-549.

[22] Seiiedlou, S., Ghasemzadeh, H., Hamdamii, N. (1392). Modeling of apple slices shrinkage during the convectional drying to use in simulation of heat and moisture transfer. *J. Agricultural Mechanization*, 1(2), 25-35.

[23] Doymaz, I. (2011). Prediction of drying characteristic pomegranate arils. *J. Food Eng*., 19(2), 741-749.

[24] 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 Hortic*., 576, 321-325.

[25] Funebo, T., Ohlsson, T. (1998). Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *J. Food Eng*., 38, 353-367.

[26] Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *J. Food Eng*., 48, 169-175.

[27] Sharma G.P., Prasad S. (2001). Drying of garlic (Allium sativum) cloves by microwave-hot air combination. *J. Food Eng*., 50, 99-105.

[28] Shaabani, B., Tavakolipoor, H. (1391). Mathematical modeling of drying kinetics of a thin layer of bell pepper. *J. Food Sci. Technol*. 4(4), 33-42.

[29] Asekan, O.T., Grieson, D.S., Afolayan, A.J. (2007). Effect of drying methods on the quality the essential oil of *Mentha lonifolia L. subsp Capensis*. *Food Chem.*, 101, 995-998.

[30] Yektakhah, S., Mirzaei, H. (1393). The effect of drying method on some quality properties and organoleptic of dates. *Third National Conference on Food aromatic crops: harvesting, drying, and processing*. *CRC Press*, pp 320.

[11] Diamante, L.M., Munro, P.A. (1991). Mathematical modeling of the thin layer solar drying of sweet potato slices. *Sol. Energ*., 51, 271-276.

[12] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1380) Friuts, Vegetables and Derived Products Determination of Ascorbic Acid (Vitamin C)-(Routine method), 1st Edition, Isiri number 5609.

[13] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1381). Cereal and cereal products-determination of iron by atomic absorption spectrophotometry, 1st Edition, Isiri number 5539.

[14] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1386. Animal feeding stuffs–determination of calcium content – Part 1: Titrimetric method, 1st Edition, Isiri number 10701-1.

[15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1386). Meat and meat products determination of total phosphorus content - Spectrometric method, Second Revision, Isiri number 1134.

[16] Blois, M.S. (1958). Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *J. Nat*., 26, 1199-1200.

[17] Noori, M., Kashaninejad, M., Daraei Garme Khani, A., Bolandi, M. (1391). Optimization of drying process of parsley using the combination of hot air and microwave methods. *J. Food Process. Preser*., 4 (2), 103-122.

[18] Bagheri, H., Seiedabadi, M., Kashaninejad, M. (1393). Kinetic modeling of thin layer drying of kammeh (local curd). *J. Food Sci. Tech*., 2(5), 3-16.

[19] Khafajeh, H., Banakar, A., Minaei, S., Taghizadeh, A., Motavali, A., Rezaei Aderyani, M. (1393). Investigation of energy consumption and drying kinetics of thyme leaves in microwave dryer. *J. Food Sci. Tech.*, 45(11), 45-54.

www.SID.ir

Archive of SID

Science and Technology, Ghoochan, Islamic Azad University, Quchan Branch, 6 p.

[31] a) Ozcan, M.M., Arsalan, D. (2008). Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves. *Energ. Convers. Manag. J*., 49(5), 1258-1264; b) Ozcan, M.M., Arsalan, D., Ahmet, U. (2005). Effect of drying methods on the mineral content of basil (Ocimum basilicum L.). *J. Food Eng*., 69, 375-379.

[32] Akbari, A., SHahedi, M., Hmadami, N., Dokhani, S., Sadeghi, M. (2009). Study of water loss kinetics and quality characteristics of the tomato slices during drying by three methods: solar drying, open-sun drying and hot air drying. *JWSS - Isfahan University of Technology*, 13(47), 445-459.

[33] Moslemi, M., Mirzaei, H. (1393). 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.

[34] Sarabiar, S., Tahmasbi, H.A., Zare Aliabadi, H. (1393). 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.

[35] Ghamargir, S., Seyyed Alangi, S.Z. (1393). Optimization of pring of Mentha Longifolia. *Master's thesis in chemical engineering food industry*, Islamic Azad University, Azadshahr Branch.

www.SID.ir