Archive of SID

بررسی پارامترهای کمی و کیفی گیاه اوجی خشک شده با روش‌های بستر سیال و مایکروویو

فرزانه صفری[1]، سیده زهرا سید النگی[*2]، هادی عالمی[3]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران
۲.گروه شیمی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران
۳. گروه ماشین آلات کشاورزی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۰۶

چکیده

گیاه اوجی با نام علمی Mentha aquatic، متعلق به خانواده نعناعیان با خواص داروئی مهم می‌باشد. در این پژوهش تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن (بستر سیال و مایکروویو) بر پارامترهای کمی و کیفی (محتوای رطوبت، ویتامین ث، آهن، کلسیم، فسفر و فعالیت آنتی اکسیدانی) برگ‌های اوجی مورد بررسی قرار گرفت. خشک‌کردن در سه سطح دمایی (۵۰ ، ۶۵ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد) خشک‌کن بستر سیال و سه توان مایکروویو (۱۸۰، ۳۶۰ و ۴۵۰ وات) انجام شد. طبق نتایج به دست آمده، بیشترین و کمترین مدت زمان لازم جهت کاهش رطوبت به ترتیب متعلق به تیمار بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد (۸۲ دقیقه) و مایکروویو ۴۵۰ وات (۲۲ دقیقه) بود. بیشترین و کمترین شدت خشک‌کردن به ترتیب متعلق به تیمارهای مایکروویو ۴۵۰ وات و بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. بالاترین میزان ویتامین ث در گیاه تازه و کمترین آن در تیمار بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد وجود داشت. حداقل و حداکثر میزان آهن به ترتیب در نمونه های تازه و مایکروویو ۴۵۰ وات و برای کلسیم به ترتیب در تیمارهای بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد و مایکروویو ۳۶۰ وات وجود داشت. از نظر شاخص فسفر بالاترین و کمترین میزان به ترتیب در مایکروویو ۳۶۰ وات و بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد دیده شد. همچنین، تیمار مایکروویو ۱۸۰ از نظر مهار رادیکال آزاد DPPH نسبت به دیگر تیمارها بهتر عمل نمود. به طورکلی می‌توان گفت که استفاده از مایکروویو با توان ۱۸۰ وات در خشک‌کردن برگ اوجی مؤثرتر از بستر سیال و توان های دیگر مایکروویو عمل نمود.

واژه های کلیدی: برگ اوجی، بستر سیال، خشک کردن، کیفی و کمی، مایکروویو.

[*] مسئول مکاتبات : zalangi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

خشک کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های نگهداری محصولات کشاورزی بعد از برداشت می باشد. این فرآیند 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 (۱۵). فرآیند خشک کردن بر درصد و اجزای اسانس تاثیر قابل توجهی دارد و بر اساس دمای خشک کردن، طول مدت خشک کردن و گونه گیاهی متفاوت است (۲۱ و ۲۷). مزایای خشک کردن شامل افزایش زمان ماندگاری محصول خشک شده در مقایسه با سایر روش‌ها، تولید محصول با وزن و حجم کمتر، عدم نیاز به سردخانه، کاهش هزینه‌های حمل و نقل و بسته بندی می‌باشد (۴ و ۱۴). حفظ ارزش تغذیه‌ای و قابلیت و سرعت جذب آب مجدد محصول خشک شده دو پارامتری است که بعنوان شاخص کیفیت محصول مد نظر قرار می‌گیرند و هدف و هنر متخصصین صنایع غذایی ارائه و اجرای روش‌هایی است که به تولید محصول با کمترین تغییرات ناخواسته و با بهترین کیفیت از نظر ارگانولپتیکی و تغذیه‌ای بی‌انجامد. (۲۹). خشک‌کردن با امواج مایکروویو یکی از روش‌های جدید در خشک‌کردن محصولات کشاورزی می‌باشد. کوتاه بودن زمان خشک‌کردن در این روش از مزایای مهم آن است. خشک‌کردن با مایکروویو سبب تولید گیاهان خشک شده با رنگ مناسب و درصد بالای مواد مؤثره می‌شود (۱۴). در خشک‌کردن به روش مایکروویو انتقال گرما به روش هدایت صورت نمی-گیرد، بلکه گرما در کل بافت ماده غذایی تولید می‌گردد. فواید خشک‌کردن به روش مایکروویو شامل کاهش زمان خشک‌کردن و افزایش کارایی فرایند خشک‌کردن، کاهش خشک شدن بیش از حد سطوح خارجی و حرارت دادن همگن‌تر، ایجاد فراورده متخلخل و افزایش ویژگی آب‌گیری مجدد، کاهش چروکیدگی و کاهش مصرف انرژی می‌باشد (۲۴). خشک‌کردن به روش بستر سیال یکی از روش‌های جدید و کاربردی است که توسط آن امکان خشک‌کردن مواد غذایی به طور پیوسته و در مقادیر زیاد، بدون این که از حد خشک‌کردن مطلوب فراتر رود، فراهم می‌شود. در این روش خشک‌کردن، عواملی مانند دما، سرعت هوای ورودی، رطوبت اولیه و نهایی محصول، رطوبت نسبی، دمای هوای محیط و عمق مواد غذایی بر میزان تغییرات رطوبت نسبت به زمان و یا همان سنتیک خشک‌کردن مؤثر می‌باشند. (۱). سلیمی و همکاران (۱۳۸۷) به تاثیر نوع خشک‌کن (جریان هوای داغ، مایکروویو) بر ترکیبات عمده و توانایی بازجذب آب فرآورده‌های خشک‌شده سیب‌زمینی پرداختند، نتایج آن‌ها نشان داد که مایکروویو به دلیل کاهش زمان خشک‌کردن باعث حفظ بیشتر ارزش غذایی و بافت محصول می‌شود (۱۱). اوجی یا نعناع آبی (Mentha aquatic) متعلق به خانواده Labiatae و جنس Mentha می‌باشد. اوجی گونه‌ای از نعناع بدون کرک یا کرک‌دار با گل‌های آبی و ساقه‌ای ایستاده که کم و بیش پوشیده از کرک‌های برگشته به پایین است که در سراسر ایران به خصوص شمال ایران به حالت خودرو می‌روید. نعناع آبی نفس را سریع کرده و بدن را گرم و ترشح مخاط را کم می‌کند و موجب نقصان ترشح می‌گردد ولی در عین حال ادرار را زیاد کرده و تعریق پوست را نیز افزایش می‌دهد. به همین علت آن را در موارد اختلالات ضعفی و عصبی معده در هنگام شیوع وبای آسیایی مصرف می‌کنند. دم کرده آن برای بیماری‌های تنفسی مثل آسم، برونشیت، زکام، انواع حساسیت‌ها، خارش‌ها و دردهای شکمی بسیار مفید است. اگر این گیاه با آویشن و گل گاوزبان جوشانده شود داروی ضد افسردگی‌های عصبی نیز محسوب می‌شود (۹ و ۳۰). سلمانیان و همکاران (۱۳۹۲) اسیدهای فنولی، فعالیت ضدرادیکالی و ضدمیکربی عصاره متانولی برگ‌های اوجی را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در تمام غلظت‌ها (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میکروگرم در میلی لیتر) عصاره اوجی از فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی برخوردار بود و با افزایش غلظت، میزان فعالیت مهار کنندگی رادیکال‌های آزاد

www.SID.ir

Archive of SID

DPPH افزایش یافت. عصاره متانولی برگ‌های اوجی می‌تواند جایگزین مناسبی برای مواد شیمیایی جهت کنترل رشد میکربی و افزایش عمر نگهداری مواد غذایی باشد (۱۰). به دلیل اهمیت دارویی گیاه اوجی در این تحقیق اثر خشک‌کردن با مایکروویو و خشک‌کن سیال بر خصوصیات کمی و کیفی برگ اوجی شامل نسبت رطوبت، شدت خشک‌کردن، مقادیر ویتامین ث، فسفر، کلسیم، آهن و فعالیت آنتی اکسیدانی مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

برای انجام آزمایشات، گیاه اوجی یا نعناع آبی به صورت تازه از منطقه ای واقع در غرب استان گلستان (جنگل شهرستان کردکوی) جمع آوری و پس از جدا کردن برگ های گیاه، در یخچال و در دمای ۶-۵ سانتی گراد نگهداری شدند. قبل از انجام فرایند، نمونه‌ها به منظور حذف غبار و آلودگی های احتمالی به صورت دستی شسته شدند. مواد شیمیایی شامل اسید هیدروکلریک، اسید نیتریک، اسید سولفوریک، محلول آمونیاک، اگزالات آمونیوم، اسید سیتریک مونوهیدرات، کلرید آمونیوم، بروموکروزول سبز، پرمنگنات پتاسیم، متانول، DPPH، اسید اگزالیک، استات سدیم بی‌آب، اسید استیک خالص، بافر استات سدیم و اسید استیک، محلول رنگی ۲،۶- دی کلروفنل ایندوفنل، اسید آسکوربیک، هیدروکسید سدیم وآب مقطر مورد استفاده در این تحقیق از شرکت‌های مرک، سیگما و چملب خریداری شدند.

۲-۲- روش انجام آزمون

۲-۲-۱- خشک‌کردن با بستر سیال

ابتدا اندام هوایی گیاه شامل برگ‌ها، برای قراردادن در دستگاه خشک‌کن با بستر سیال ساخته شده در آزمایشگاه بیوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر آماده و توزین شدند. برای هر بار آزمایش نمونه‌های۵۰ گرمی برگ اوجی در خشک‌کن با بستر سیال با دماهای ۵۰، ۶۵ و۸۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند، به طوری که بین دو بار توزین نهایی اختلاف وزنی مشاهده نشد.

۲-۲-۲- خشک‌کردن با مایکروویو

نمونه‌ها پس از آماده‌سازی و حذف رطوبت سطحی درون ظرف مخصوص مایکروویو از جنس پیرکس قرار گرفتند. به وسیله ترازو با دقت ۰/۰۱ توزین و جهت خشک کردن در مایکروویو (سامسونگ مدل SE3760FSE3760FS، ساخت کره) قرار گرفتند. برای هر بار آزمایش نمونه‌های۵۰ گرمی برگ گیاه اوجی در مایکروویو با توان های ۱۸۰، ۳۶۰ و۴۵۰ وات تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند، به طوری که بین دو بار توزین نهایی اختلاف وزنی مشاهده نشد.

۲-۳- آزمون‌های مورد ارزیابی

اندازه‌گیری رطوبت به روش سینگ و همکاران (۲۰۰۷)، سینتیک خشک‌کردن توسط روش گنجه و همکاران (۱۳۹۱) و نسبت رطوبت و شدت خشک‌کردن، به روش مینایی و همکاران (۱۳۸۸) اندازه‌گیری شد (۱۳، ۳۴ و ۳۵). برای اندازه‌گیری ویژگی‌های کمی و کیفی محصول، میزان ویتامین ث طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۰۹، میزان کلسیم طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۰۷۰۱، میزان فسفر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۵۱۳، میزان آهن بر حسب ppm با کمک جذب اتمی و میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH از روش بلویز (۱۹۵۸)، انجام گرفتند (۵، ۶، ۷، ۸ و ۲۶). در این تحقیق تیمارها به صورت زیر کد گذاری شده اند: بستر سیال در ۵۰ درجه سانتی گراد: B-۵۰، بستر سیال در ۶۵ درجه سانتی گراد: B-۶۵، بستر سیال در ۸۰ درجه سانتی گراد: BS-۸۰، مایکروویو۱۸۰ وات: MW-۱۸۰، مایکروویو۳۶۰ وات: MW-۳۶۰ ، مایکروویو۴۵۰ وات: MW-۴۵۰.

www.SID.ir

Archive of SID

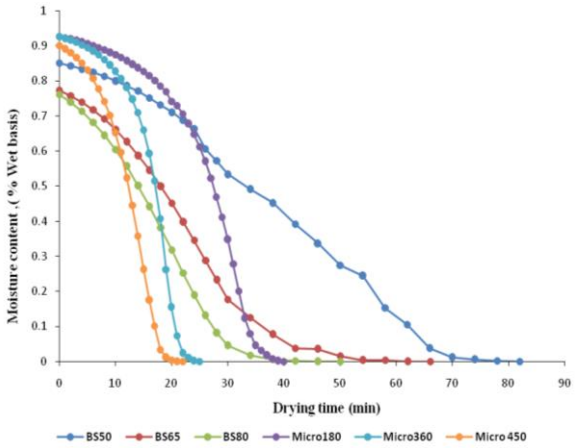
۲-٤- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل نتایج مربوط به آزمون‌های شیمیایی در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در سه تکرار و با استفاده از نرم افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

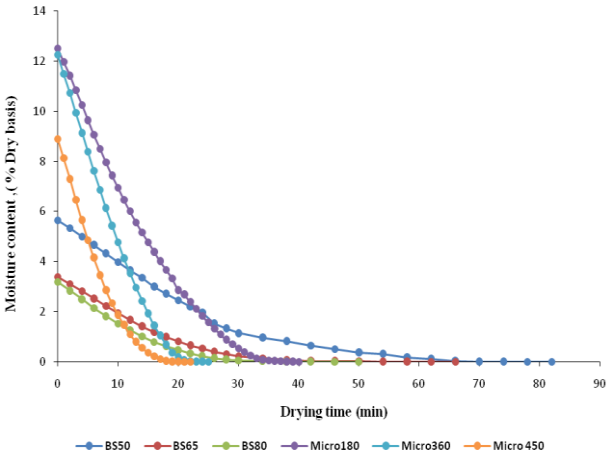
۳- نتایج و بحث

۳-۱- مقدار رطوبت

مقایسه تغییرات مقدار رطوبت در تیمارهای مختلف در هر دو روش خشک‌کردن در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تیمارهای مورد بررسی اثر معنی داری بر متغیرهای اندازه‌گیری شده داشتند. به طوری که در بین روش-های مختلف خشک‌کردن در شرایط خشک‌کن بستر سیال و مایکروویو، بیشترین مدت زمان خشک‌کردن (۸۲ دقیقه)، مربوط به خشک‌کردن به روش بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین در روش خشک‌کردن با بستر سیال ۶۵ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد، مدت زمان لازم برای خشک شدن کامل برگ اوجی به ترتیب ۶۶ و ۵۰ دقیقه بوده است. در روش خشک‌کردن با مایکروویو با توان‌های ۱۸۰، ۳۶۰ و ۴۵۰ وات، مدت زمان لازم برای خشک شدن کامل برگ اوجی به ترتیب ۴۰، ۲۵ و ۲۲ دقیقه بوده که بیشترین زمان خشک شدن مربوط به تیمار ۱۸۰ وات می‌باشد. بنابراین تیمار مایکروویو ۴۵۰ وات کمترین زمان و تیمار بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین زمان را برای خشک شدن نیاز داشت.



شکل ۱- مقایسه محتوای رطوبت بر مبنای وزن تر نسبت به زمان خشک‌کردن در خشک‌کن های بستر سیال و مایکروویو



شکل ۲- مقایسه محتوای رطوبت بر مبنای وزن خشک نسبت به زمان خشک‌کردن با بستر سیال و مایکروویو

همان‌طور که در این شکل‌ها مشخص است زمانی که از خشک‌کن بستر سیال استفاده شده بود، رطوبت در گیاه اوجی در دماهای مختلف با افزایش زمان سیر نزولی داشت. در ابتدای خشک‌کردن سرعت خشک‌کردن بیشتر و با پیشرفت زمان، به دلیل چروکیدگی بافت، کاهش می‌یابد. همچنین زمان مورد نیاز برای کاهش یک مقدار معین از محتوای رطوبت، وابسته به شرایط عملیاتی است به طوری که بیشترین زمان لازم برای خشک شدن تا جایی که رطوبت به طور کامل از نمونه خارج شود، در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد(۸۲

www.SID.ir

Archive of SID

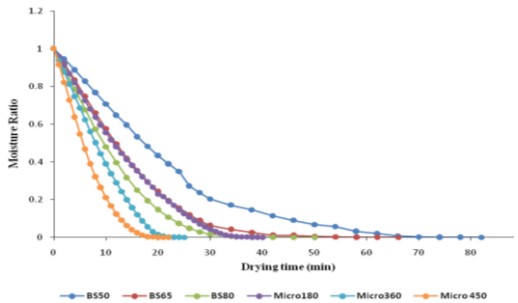
دقیقه) و کمترین زمان خشک شدن مربوط به تیمار ۶۰ درجه سانتی‌گراد (۵۰ دقیقه) بوده است. در مراحل اولیه خشک کردن کاهش رطوبت ابتدا از سطح برگ‌ها (محصول) شروع می‌شود، سپس گرما از مرکز به سطح منتقل شده و رطوبت نیز از مرکز به سطح جریان می‌یابد. در این مرحله شدت خشک کردن به دلیل بالا بودن تبخیر رطوبت سطح نمونه، سریع است ولی با کاهش میزان رطوبت از شدت خشک شدن هم کاسته می‌شود، زیرا رطوبت ابتدا از مرکز به سطوح نمونه باید منتقل و سپس تبخیر شود. تا زمانی که سرعت انتقال آب از درون ماده غذایی با سرعت تبخیر آن از سطح ماده غذایی برابر است، دوره ثابت خشک کردن ادامه می‌یابد. در این مرحله درجه حرارت سطح ماده غذایی تقریبا با دمای مرطوب هوای اطراف آن برابر است. در این حالت مقاومت داخلی نسبت به انتقال آب بسیار کمتر از مقاومت خارجی برای جدا شدن آب از سطح محصول است. شدت تبخیر آب در این مرحله ارتباط زیادی به اختلاف فشار بخار آب در سطح ماده غذایی و هوای اطراف آن دارد (۲۲ و ۳۱). عوامل تاثیرگذار بر تبخیر آب شامل سطح گیاه مورد نظر، اختلاف رطوبت بین هوا و سطح گیاه مورد نظر، ضریب انتقال جرم و سرعت جریان هوا می‌باشد. با گذشت زمان و کاهش مقدار رطوبت، نمونه چروکیده و سطح آن سخت شده و انتقال گرما به قسمت‌های داخلی نمونه کند می‌شود. هم چنین رطوبت باید فاصله بیشتری را برای خروج از سطح نمونه طی کند. در این صورت با گذشت زمان با کاهش رطوبت ماده غذایی، سرعت تبخیر آب نیز کاهش می‌یابد و خشک شدن از مرحله سرعت ثابت به مرحله سرعت نزولی وارد می‌شود تا زمانی که مقدار رطوبت تغییری پیدا نکند. در دوره سرعت نزولی خشک‌کردن قسمت‌های داخلی نمونه نسبت به انتقال جرم و حرارت مقاومت پیدا می‌کنند. نتایج به دست آمده با یافته‌های عبادی و همکاران (۱۳۹۲) روی گیاه ریحان و محمدی و همکاران(۱۳۹۰) روی میوه به مطابقت داشت (۱۴ و ۱۷). بررسی روند تغییرات مقدار رطوبت برگ‌های اوجی در مایکروویو با توان‌های ۱۸۰، ۳۶۰ و ۴۵۰ وات نسبت به زمان نیز نشان داد که منحنی خشک‌کردن با مایکروویو شیب تندی به خود می‌گیرد که دلیل آن سرعت زیاد خشک‌کردن در این مرحله می باشد. امواج مایکرویوو در نمونه نفوذ کرده و گرما در سراسر ماده غذایی گسترش می‌یابد و باعث می‌شود که فرایند گرمایش نسبت به روش‌های معمول گرمایش مانند جابجایی یا هدایت، خیلی سریع‌تر انجام شود (۳۴). از آن جا که سرعت خشک شدن ، رابطه مستقیمی با توان خروجی مایکروویو و رابطه معکوس با فشار هوا دارد، مشاهده می‌شود که با افزایش توان مایکروویو، زمان خشک شدن کاهش می‌یابد. در شروع فرایند خشک‌کردن، 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 به طور طبیعی کاهش یافت. محصول رطوبت عمده خود را در لحظات اولیه خشک‌کردن از دست داد و زمان زیادی برای از دست دادن رطوبت باقی مانده لازم بود. افزایش توان خروجی مایکروویو رطوبت نسبی محصول را بیشتر کاهش می‌دهد زیرا این گونه به نظر می‌رسد که با افزایش توان خروجی مایکروویو، دمای درون محفظه و شدت پرتوهای مایکروویو افزایش یافته و باعث کاهش بیشتر میزان رطوبت می‌شود، به عبارت دیگر توان بالاتر باعث انتقال بیشتر جرم و حرارت شده و کاهش رطوبت افزایش می‌یابد (۲۳ و ۲۴). بنابراین در خشک کن مایکروویو، بیشترین زمان لازم برای خشک شدن تا جایی که رطوبت به طور کامل از نمونه خارج شود، خشک‌کن سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد (۸۲ دقیقه) و کمترین زمان خشک شدن مربوط به تیمار ۴۵۰ وات (۲۲ دقیقه) بوده است. نتایج این بخش با نتایج یکتاخواه و همکاران (۱۳۹۳) بر روی خرما مطابقت داشت به طوری که در این تحقیق خشک شدن در توان ۱۸۰ وات به زمان بیشتر و در توان ۷۰۰ وات به زمان کمتری نیاز داشت (۲۰).

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲- نسبت رطوبت

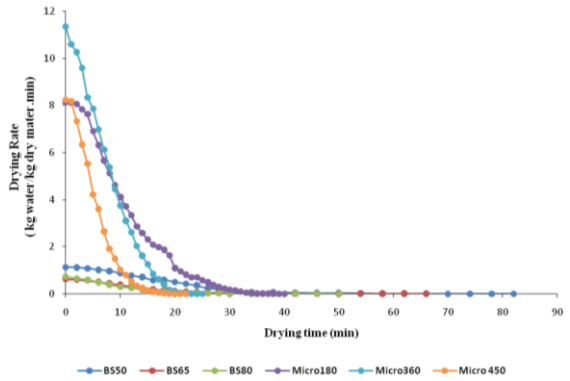
شکل ۳، مقایسه تغییرات نسبت رطوبت خشک شدن برگ‌های اوجی در بستر سیال با دماهای ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد و مایکروویو با توان‌های ۱۸۰، ۳۶۰ و ۴۵۰ وات نسبت به زمان را نشان می‌دهد. افزایش دمای خشک‌کردن از ۵۰ به ۸۰ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش زمان خشک‌کردن و افزایش سرعت خشک‌کردن می‌گردد. نتایج به دست آمده با یافته‌های آسکون و همکاران (۲۰۰۷) در مورد برگ‌های پونه و پارکر و همکاران (۱۹۹۹) در مورد برگ‌های مرزنجوش مطابقت دارد (۲۵ و ۳۳). همان طور که در خشک‌کردن با مایکروویو مشاهده می‌شود، زمان خشک شدن نسبت به توان مایکروویو متفاوت می‌باشد و در توان‌های پایین‌تر مدت زمان خشک شدن بیشتر می‌باشد. افزایش توان خروجی مایکروویو، رطوبت نسبی در محصول را بیشتر کاهش می‌دهد، زیرا این گونه 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 اوجی می‌شود، به عبارت دیگر توان بالاتر باعث انتقال بیشتر جرم و حرارت شده و کاهش رطوبت شدیدتر است (۲). در مجموع در بین این شش تیمار، نمونه در مایکروویو ۴۵۰ وات در مدت زمان کمتر و در روش خشک‌کردن با بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان طولانی‌تری رطوبتش را از دست می‌دهد.



شکل ۳- مقایسه تغییرات نسبت رطوبت خشک شدن برگ-های اوجی در خشک کن بستر سیال و مایکروویو نسبت به زمان خشک شدن

۳-۳- شدت خشک‌کردن

شدت خشک‌کردن به صورت کیلوگرم آب حذف شده بر کیلوگرم ماده خشک در زمان محاسبه شد. همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود با افزایش دما از ۵۰ به ۸۰ درجه سانتی-گراد شیب نمودار تندتر شده و شدت خشک‌کردن افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش توان از ۱۸۰ به ۴۵۰ وات نیز شیب نمودار و شدت خشک‌کردن افزایش می‌یابد. همانطور که مشخص است، آهنگ خشک‌کردن در طی زمان، دارای یک شیب کاهشی می‌باشد. این شیب کاهشی در زمان‌های ابتدایی بیشتر و در انتهای زمان خشک شدن از مقدار شیب کاسته می‌شود که مربوط به پدیده کاهش اشباعیت رطوبت می‌باشد، به این صورت که در زمان‌های ابتدایی با توجه به مقدار بالای رطوبت در گیاه اوجی، سرعت خروج رطوبت بالا بوده در نتیجه سرعت کاهش رطوبت از بافت گیاه نیز زیاد می‌باشد و شکل دارای شیب کاهشی بالایی است، ولی در زمان‌های بعدی، با توجه به این که از مقدار آب محصول کاسته شده، سرعت انتقال رطوبت از عمق محصول به سطح آن و خروج از بافت، کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش آهنگ خشک‌کردن می‌شود (۲، ۱۶ و ۱۸).



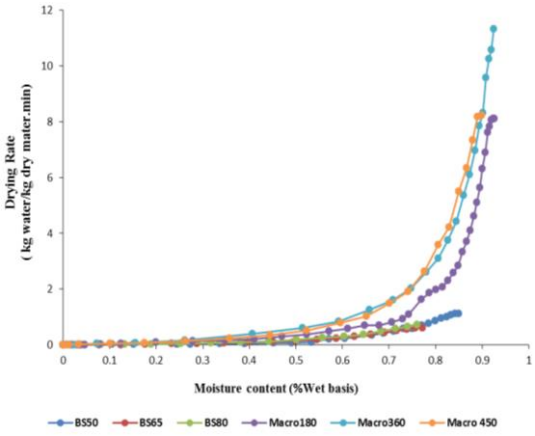
شکل٤- مقایسه شدت خشک کردن برگ‌های اوجی در خشک کن بستر سیال و مایکروویو نسبت به زمان خشک شدن

www.SID.ir

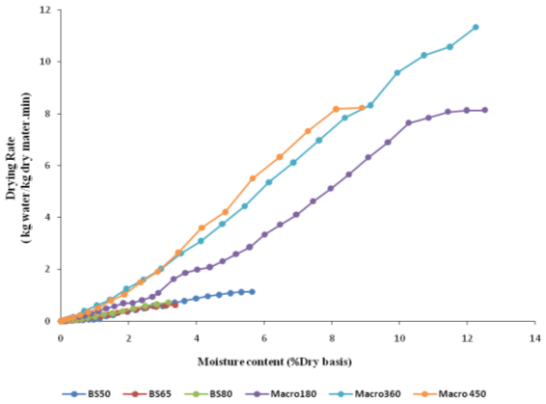
Archive of SID

۳-٤- شدت خشک‌کردن نسبت به محتوای رطوبت

آهنگ خشک‌کردن برحسب میزان رطوبت بر مبنای خشک و تر در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود آهنگ خشک‌کردن برای برگ‌هایی که در توان‌های بالاتر مایکروویو خشک شده بودند بالاتر بوده در نتیجه زمان خشک‌کردن در دماها و توان‌های بالاتر کاهش می‌یابد چون رطوبت نسبی هوا با افزایش درجه حرارت و توان خشک‌کردن کاهش یافته و خروج رطوبت آسان‌تر انجام می‌گیرد. طبق نتایج بدست آمده بیشترین و کمترین شدت خشک‌کردن نسبت به محتوای رطوبت به ترتیب مربوط به تیمار مایکروویو ۴۵۰ وات و بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. همین طور آهنگ خشک‌کردن به طور پیوسته با کاهش میزان رطوبت یا افزایش زمان خشک‌کردن، کاهش می‌یابد. آهنگ خشک‌کردن برای برگ‌های اوجی خشک شده در دماهای بالاتر، نسبت به برگ‌هایی که در دماهای پایین‌تری خشک شده بودند، بیشتر بود.



شکل ۵- شدت خشک‌کردن نسبت به محتوای رطوبت بر مبنای تر در خشک کن بستر سیال و مایکروویو



شکل ٦- شدت خشک‌کردن نسبت به محتوای رطوبت بر مبنای خشک در خشک کن بستر سیال و مایکروویو

نتایج حاصل در این تحقیق با نتایج به دست آمده توسط پور فلاح و همکاران (۱۳۹۰) روی برش‌های سیب‌زمینی ترشی مطابقت داشت. بدین صورت که آن‌ها سینتیک خشک‌کردن برش‌های سیب زمینی ترشی با روش جایجایی هوای داغ را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش دما، زمان خشک‌کردن کاهش و در دماهای بالاتر، آهنگ خشک‌کردن افزایش می‌یابد (۳).

۳-۵- مقایسه میانگین پارامترهای کیفی محصول خشک‌شده

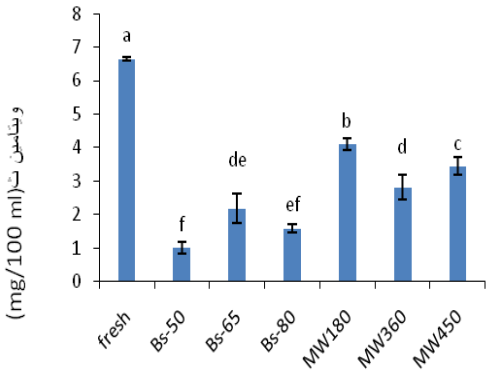
۳-۵-۱- اندازه‌گیری ویتامین ث

مقادیر به دست آمده ویتامین ث در تیمارهای مختلف، در شکل ۷ آورده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف وجود دارد ($p<۰/۰۵$). گیاه تازه بیشترین مقدار ویتامین ث (۶/۶۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) را دارد و در خشک کن بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد، کمترین میزان ویتامین ث مشاهده گردید که این مقدار به این دلیل است که این ویتامین نسبت به حرارت حساس بوده و زود آسیب می‌بیند. مدت زمان طولانی سپری شده جهت خشک شدن برگ اوجی در خشک کن بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد موجب تخریب ویتامین ث می‌شود. در بین تیمارهای بستر سیال، بین تیمار ۶۵ و ۸۰ درجه

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌گراد اختلاف معنی دار وجود ندارد زیرا مدت زمان کمتری طی شده و ویتامین ث بیشتری حفظ می‌شود. بین تیمار ۵۰ و۸۰ درجه سانتی‌گراد نیز اختلاف معنی دار وجود ندارد زیرا در بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد دما بالاتر است و به ویتامین ث آسیب می‌رساند و در بستر سیال ۵۰ درجه سانتی-گراد مدت زمان طولانی‌تری سپری شده تا رطوبت از دست رود. در بین تیمارهای مایکروویو، مایکروویو ۱۸۰ وات بیشترین ویتامین ث را دارا است زیرا شدت خشک‌کردن در آن ملایم‌تر می‌باشد. دلیل این امر این است که هر چه توان مایکروویو کمتر باشد ویتامین ث درون گیاه بهتر حفظ می-شود و توان‌های بالاتر منجر به سوختگی محدودی نسیت به توان‌های پایین‌تر می‌گردند (۱۹). نتایج تحقیق حاضر با نتایج آزمایشات دویماز و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت داشت (۲۸).



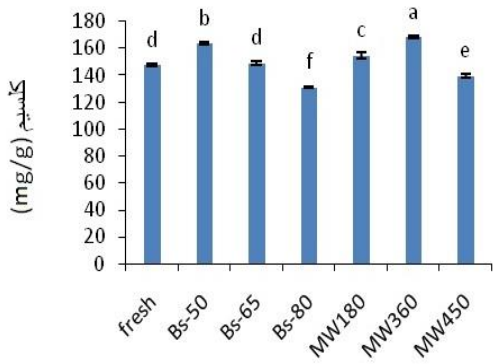
شکل ۷- تاثیرروش های خشک‌کردن بر میزان ویتامین ث برگ های اوجی

۳-۵-۲- اندازه‌گیری کلسیم

مقادیر به دست آمده از آزمایشات تعیین مقدار کلسیم، در شکل ۸ آمده است. نتایج نشان داد که مقدار کلسیم در بین تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$). طبق نتایج، بیشترین مقدار کلسیم مربوط به تیمار مایکرویوو ۳۶۰ وات (۱۶۸/۴۸ میلی گرم بر گرم) و کمترین مقدار کلسیم مربوط بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد (۱۳۰/۸۹ میلی گرم بر گرم) می‌باشد. دلیل این امر آن است که دما و زمان خشک‌کردن در بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد زیادتر بوده و گرمای وارد شده به نمونه بالاتر است. در نمونه تازه نسبت به تیمارهای دیگر مقدار کلسیم کمتر می‌باشد که دلیل آن را می‌توان وجود ماده خشک بیشتر در نمونه‌های خشک شده عنوان کرد. در بین تیمارهای بستر سیال، بین گیاه تازه و بستر سیال ۶۵ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی دار وجود ندارد و مقدار کلسیم در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار را دارا می‌باشد زیرا گرمای کمتری به آن اعمال شده و شکل محلول کلسیم خود را حفظ می‌کند. در بین تیمارهای مایکروویو مقدار کلسیم در توان ۱۸۰ وات نسبت به ۳۶۰، به دلیل این که زمان طولانی تری را سپری می‌کند تا رطوبت از دست دهد، به کلسیم آسیب می‌رسد. احتمالا کلسیم به شکل نامحلول خود در آمده و قابل اندازه گیری نخواهد بود. همچنین بین تیمارهای دارای توان ۴۵۰ وات نسبت به ۳۶۰ وات، شدت توان وارد شده به نمونه بیشتر بوده و موجب از دست رفتن مواد مغذی از جمله کلسیم در نمونه می‌شود. در مقایسه بین تیمارهای بستر سیال و مایکروویو می‌توان نتیجه گرفت که میزان کلسیم نسبت مستقیمی با روش خشک‌کردن، زمان فرآیند، قدرت حرارت دهی و توان وارد شده دارد. لذا تیمار مایکروویو ۳۶۰ وات نسبت به تیمارهای بستر سیال، زمان خشک شدن کوتاه‌تر، قدرت حرارت دهی بیشتر و دمای ملایم‌تری داشته به طوری که مقدار کلسیم محلول در نمونه بیشتر باقی می‌ماند و در نتیجه میزان کلسیم در آن بالاتر می-باشد. ازکان و همکاران (۲۰۰۵) اثر روش های خشک‌کردن را بر محتوای املاح ریحان مورد بررسی قرار دادند. یافته های آنان نشان داد که کلسیم در هر دو روش خشک‌کردن با آون و آفتاب بیشتر از نمونه تازه ریحان بوده است. آنان علت این امر را به مقدار ماده خشک و محتوای رطوبت آنها نسبت دادند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (۳۲).

www.SID.ir

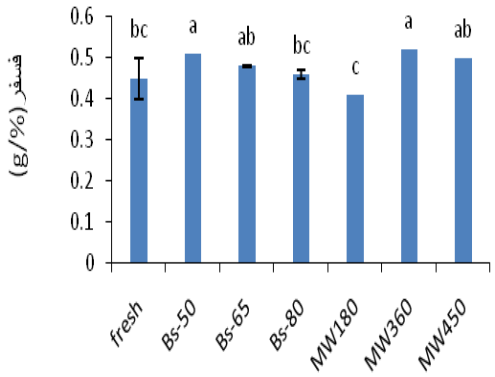
Archive of SID



شکل ۸- تاثیر روش‌های خشک‌کردن بر میزان کلسیم برگ های اوجی

۳-۵-۳- اندازه‌گیری فسفر

طبق شکل ۹، بیشترین مقدار فسفر در تیمار مایکروویو ۳۶۰ وات (۰/۵۲ گرم در صد) و کمترین مقدار در تیمار مایکروویو ۱۸۰ وات (۰/۴۱ گرم درصد) حاصل شده است. البته بین نمونه تازه و تیمار مایکروویو ۱۸۰ وات با کمترین مقدار فسفر اختلاف معنی دار دیده نمی شود. در بین تیمارهای بستر سیال بیشترین مقدار فسفر مربوط به نمونه بستر سیال ۵۰ درجه سانتی-گراد می‌باشد زیرا شدت گرمای کمتری را تحمل کرده و کمتر آسیب می‌بینند. همچنین کمترین مقدار فسفر مربوط به بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد زیرا شدت دمایی که به نمونه وارد شده موجب از دست رفتن فسفر گردیده است. در اثر حرارت دهی فسفر می‌تواند با ترکیبات طبیعی موجود در گیاه واکنش داده و به شکل پیچیده در آید، لذا از فرم اولیه خود خارج می شود. در ضمن اختلاف معنی داری بین نمونه-های خشک شده در دمای ۶۵ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد و نیز گیاه تازه وجود ندارد. در بین تیمارهای مایکروویو اختلاف معنی داری وجود دارد ($p<۰/۰۵$) که علت آن این است که سطح توان و مدت زمان لازم برای خشک شدن نمونه توسط مایکروویو بر میزان فسفر موجود در نمونه اثر ناچیزی دارد. بین مایکروویو ۱۸۰ نسبت به ۳۶۰ و ۴۵۰ اختلاف معنی دار وجود دارد و از طرفی بین مایکروویو ۳۶۰ و ۴۵۰ وات اختلاف معنی دار وجود ندارد. یافته ازکان و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد میزان فسفر در نمونه‌های خشک شده بیشتر از نمونه تازه است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (۳۲).



شکل ۹- تاثیر روش‌های خشک‌کردن بر میزان فسفر برگ های اوجی

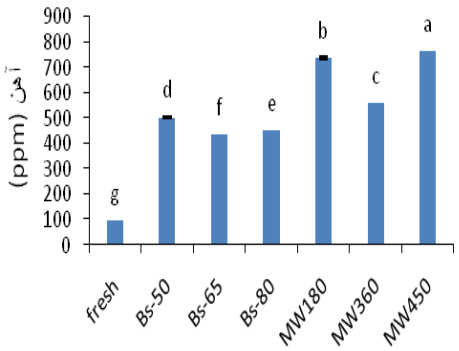
۳-۵-٤- اندازه‌گیری مقدار آهن

مقادیر به دست آمده از آزمایشات تعیین مقدار آهن در شکل ۱۰ آمده است. نتایج نشان داد که مقدار آهن در بین تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$). طبق شکل، بیشترین مقدار آهن در تیمار مایکروویو ۴۵۰ (ppm ۷۶۴) حاصل شد که دلیل آن این است که مدت زمانی که نمونه رطوبت از دست داده کمتر بوده و آهن موجود با فرم اولیه خود حفظ می‌شود. کمترین مقدار آهن مربوط به نمونه تازه (ppm ۹۶/۶۸) می‌باشد زیرا رطوبت آن بیشتر بوده و ماده خشک مؤثر در آن کمتر می‌باشد، بدین معنا که مقدار آهن در آن بالاتر است. در مجموع بین نمونه‌های تازه و خشک شده در دماهای متفاوت در بستر سیال و توان‌های مختلف مایکروویو اختلاف معنی داری وجود دارد. در بین تیمارهای بستر سیال، دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین آهن را دارا بود به این دلیل که دمای کمتری اعمال گردید و آهن بهتر حفظ شد. بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۶۵ درجه سانتی-گراد به دلیل این که دمای بالاتری دارد به آهن آسیب وارد کرده و میزان آن کمتر شد که احتمالا دلیل آن این است که

www.SID.ir

Archive of SID

آهن به فرم‌های غیر محلول خود در می‌آید و یا با ترکیبات طبیعی موجود در گیاه تشکیل کمپلکس می دهد. همچنین، احتمال رخ دادن واکنش های اکسایش-کاهش در اثر فرایندهای حرارتی وجود دارد.در بین تیمارهای مایکروویو، توان ۴۵۰ وات بیشترین آهن را به خود اختصاص داده بود زیرا مدت زمانی که نمونه رطوبت خود را از دست داده کمتر می-باشد. پس از آن تیمار مایکروویو ۱۸۰ وات قرار می‌گیرد که دلیل آن شدت توان کمتری است که به نمونه وارد می‌شود. ازکان و همکاران (۲۰۰۵) اثر روش های خشک‌کردن را بر محتوای املاح ریحان مورد بررسی قرار دادند. یافته های آنان نشان داد مقدار آهن در هر دو روش خشک‌کردن با آون و آفتاب بیشتر از نمونه تازه ریحان بوده است (۳۲). آنان علت این امر را به مقدار ماده خشک موثر و و محتوای رطوبت آنها نسبت دادند که با یافته های این تحقیق همخوانی دارد.



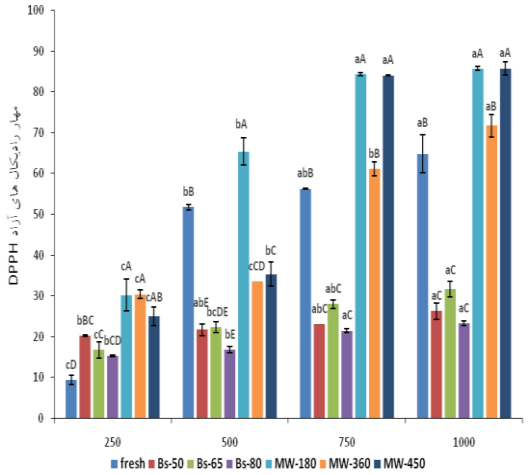
شکل ۱۰- تاثیر روش خشک کردن بر میزان آهن برگ های اوجی

۳-۵-۵- مقدار میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH

بر طبق نتایج سلمانیان و همکاران (۱۳۸۹) عصاره‌گیری از گیاه اوجی توسط حلال متانول انجام گردید (۱۰). شکل ۱۱، درصد حذف رادیکال آزاد DPPH توسط غلظت‌های مختلف عصاره‌های متانولی گیاه اوجی تازه و خشک شده را نشان می‌دهد. بیشترین میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد DPPH متعلق به تیمار ۱۸۰ وات مایکروویو و کمترین درصد مهارکنندگی به بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد تعلق دارد. در بین تیمارهای بستر سیال، بیشترین درصد مهارکنندگی مربوط به دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین درصد مهارکنندگی مربوط به بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. زیرا در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۶۵ درجه سانتی‌گراد شدت گرمای بیشتری به نمونه وارد می‌شود و عوامل مؤثر در جذب رادیکال آزاد از بین رفته است. همچنین، برخی ترکیبات آنتی اکسیدانی در دماهای بالا می‌توانند نوآرایی انجام داده و ساختار آنها تغییر یابد و در نتیجه خواص آنتی اکسیدانی آن‌ها دستخوش تغییر گردد. در بین بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۶۵ درجه سانتی‌گراد، نمونه مدت زمان طولانی‌تری را سپری می‌کند تا خشک شود و درنتیجه منجر به از دست رفتن و یا تغییر ساختار عوامل آنتی اکسیدانی می‌شود. در بین تیمارهای مایکروویو اختلاف معنی دار بین تیمارهای مایکروویو ۱۸۰ و ۴۵۰ وات وجود ندارد و بیشترین مقدار درصد مهارکنندگی را به خود اختصاص می‌دهند. اما تیمار مایکروویو ۳۶۰ وات کمترین درصد مهارکنندگی را دارد که دلیل این امر آن است که در توان ۱۸۰ وات شدت توان وارد شده به نمونه کمتر است و آسیب به عامل آنتی اکسیدانی کمتر می‌باشد. در ماکروویو ۴۵۰ وات نسبت به ۳۶۰ وات، مدت زمان خشک‌کردن کوتاه‌تر بوده و عوامل آنتی اکسیدانی در درون گیاه حفظ می‌شوند. اگر غلظت‌های مختلف مربوط به هر تیمار مورد بررسی قرار گیرد، نتایج نشان خواهد داد که در همه آن‌ها عصاره متانولی با غلظت ppm ۱۰۰۰، بالاترین میزان مهار رادیکال آزاد DPPH را دارند زیرا در غلظت‌های بالا توانایی عصاره‌ها برای جذب رادیکال آزاد بیشتر می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱- درصد مهارکنندگی رادیکال DPPH غلظت‌های مختلف عصاره‌های گیاه تازه و خشک شده اوجی

نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر با نتایج تحقیق شهدادی و همکاران (۱۳۹۰) که تاثیر فرایند خشک‌کردن بر میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی دو رقم خرمای مضافتی و کلوته را بررسی کردند، مطابقت داشت. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که خشک‌کردن میزان فعالیت آنتی اکسیدانی را کاهش داده و با افزایش دمای خشک‌کردن فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره استخراج شده کمتر می‌شود (۱۲).

٤- نتیجه‌گیری

نتایج خشک کردن برگ‌های اوجی با بستر سیال در دماهای ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که استفاده از بستر سیال با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیاز به زمان بیشتری نسبت به دماهای ۶۵ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد دارد. همچنین شدت خشک‌کردن در این روش با افزایش دما، بیشتر می‌شود. نتایج خشک کردن برگ‌های اوجی با مایکروویو در توان-های ۱۸۰، ۳۶۰ و ۴۵۰ وات نشان داد که استفاده از توان ۱۸۰ وات نیاز به زمان بیشتری نسبت به توان‌های ۳۶۰ و ۴۵۰ وات دارد. همچنین شدت خشک‌کردن در این روش با افزایش توان، بیشتر می‌شود. در مقایسه تیمارهای مختلف در مورد شاخص ویتامین ث بالاترین مقدار متعلق به گیاه تازه و سپس مایکروویو ۱۸۰ وات بوده است. نمونه بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد کمترین مقدار ویتامین ث را دارد. در مورد شاخص کلسیم، نمونه خشک شده در مایکروویو ۳۶۰ وات بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است و کمترین مقدار متعلق به بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در بررسی شاخص فسفر هم همان طور که مشاهده شد بالاترین مقدار مربوط به تیمار بستر سیال ۵۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار مربوط به مایکروویو ۱۸۰ وات می‌باشد. بیشترین مقدار آهن به مایکروویو ۴۲۰ وات و کمترین میزان آهن به نمونه تازه تعلق دارد. در مورد فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های نمونه های مختلف در تمامی غلظت‌ها، نمونه خشک شده در مایکروویو ۱۸۰ وات بالاترین درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد را از خود نشان داده و کمترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی مربوط به بستر سیال ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به آنالیزهای آماری و بررسی‌های صورت گرفته، می‌توان تیمار مایکروویو ۱۸۰ وات را جهت خشک‌کردن برگ‌های اوجی مؤثرتر از دیگر تیمارهای مختلف مورد سنجش در نظر گرفت.

٥- منابع

۱-امیری چایجان، ر.، خوش تقاضا، م. ه. و کیانمهر، م. ح. ۱۳۸۳. اصول طراحی یک خشک کن بستر سیال آزمایشگاهی برای برخی محصولات دانه‌ای زراعی. *مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی*. ۵ (۲):۳۵ -۵۲.

۲- توکلی پور، ح.، کلباسی اشتری، ا. و بصیری، ع. ۱۳۸۷. اثر پارامترهای خشک‌کردن بر شاخص‌های کیفی پسته دامغان و تعیین ضرایب نفوذ مؤثر در شرایط بهینه این فرایند. *مجله علوم وصنایع غذایی*. ۵ (۲): ٤٧ -٥٦.

۳- پورفلاح، ز.، نهاردانی، م.، سلامی نیا، م.، نوریان، س. و محمدی، م. ۱۳۹۰. سینتیک خشک‌کردن برش‌های سیب زمینی ترشی با روش جابجایی هوای داغ. *مجله علوم وفناوری غذایی*. ۳ (٤):۱-۱۲.

www.SID.ir

Archive of SID

٤- رضایی، ک. و نیاکوثری، م. ۱۳۸۷. بررسی فرآیند خشک‌کردن گیاه با دو روش هوای گرم و خشک کن انجمادی. *هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران*. مشهد، ایران.

۵- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۷۵. استاندارد شماره ٤۰۸۸، اندازه‌گیری فلزات مس، آهن و نیکل در روغن‌ها و چربی‌های خوراکی به روش جذب اتمی کوره گرافیتی. چاپ اول.

٦- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۸۰. استاندارد شماره ٥٦۰۹، میوه‌ها، سبزی‌ها و فرآورده‌های آن‌ها- اندازه‌گیری اسید اسکوربیک (ویتامین ث) - (روش متداول). چاپ اول.

۷- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۸٦. استاندارد شماره ۱-۱۰۷۰۱، خوراک دام و طیور و آبزیان-اندازه گیری مقدار کلسیم در خوراک دام- قسمت اول: عیارسنجی. چاپ اول.

۸- سازمان ملی استاندارد ایران. ۱۳۸٦. استاندارد شماره ۱۱۳۹، گوشت و فراورده‌های گوشتی- تعیین میزان فسفرکل- روش اسپکتروفتومتری. تجدید نظر دوم.

۹- سجادی، ا.، نادری، غ. و ضیایی، ر. ۱۳۸۳. تاثیرات آنتی اکسیدانی منتخبی از گیاهان دارویی خانواده نعناع. *مجله علوم پژشکی کرمانشاه* ۸(۲): ۱-۱۲.

۱۰- سلمانیان، ش.، صادقی ماهونک، ع.، مقصودلو، ی.، ربیعی، ح. و طباطبایی عمید، ب. ۱۳۸۹. استخراج ترکیبات زیست فعال و ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره های اتانولی و استونی برگ های اوجی. *مجله فرآوری و نگهداری مواد غذایی*. ۳ (۲) ۸۵ – ۱۰۰.

۱۱- سلیمی، آ. مقصودلو، ی. کاشانی نژاد، م. و میرزایی، ح. ۱۳۸۷. اثر نوع خشک کن، رقم، محصول تولیدی و دمای آب مورد استفاده برترکیبات عمده و توانایی بازجذب آب سه رقم عمده سیب زمینی". *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*. ۱٦(۱): ۱۱۹-,۱۳۰

۱۲- شهدادی، ف.، میرزایی، ح.، مقصودلو، ی.، قربانی، م. و دارایی گرمه خانی، الف. ۱۳۹۰. تاثیر فرایند خشک‌کردن بر میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی دو رقم خرمای کلوته ومضافتی. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*. ٦ (۳): ٦۷ – ۷٤.

۱۳-گنجه، م.، جعفری، س. م.، قنبری، و.، دزیانی، م.، عزتی، ر. و سلیمانی، م. ۱۳۹۱. مدل سازی سینتیک خشک‌کردن پیاز در یک خشک کن بستر سیال مجهز به کنترل کننده رطوبت با استفاده از روش‌های رگرسیونی، منطق فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی*. ۷(۵): ۳۹۹ -۴۰۷.

۱٤- عبادی، م. ت.، رحمتی، م.، عزیزی، م. و حسن زاده خیاط، م. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر زمان خشک‌کردن، درصد و اجزای اسانس گیاه دارویی مرزه. *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطرایران*.۲٦ (٤): ٤۷۷-,٤۸۹

۱۵- عزیزی، م.، رحمتی، م.، عبادی، م.ت. و حسن زاده خیاط، م. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر روش‌های مختلف خشک کردن بر سرعت کاهش وزن، میزان اسانس و درصد کامازولن گیاه دارویی بابونه (Matricaria recutita L). *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطرایران*. ۱۸۲ -,۱۸۹

۱٦- متولی، ع.، مینایی، س.، احمدی، ع.، عزیزی، م. ح. و خوش تقاضا، م. ه. ۱۱۳۸۹. سینتیک خشک‌کردن دانه‌های انار و میزان انرژی مصرفی در خشک‌کردن به روش مایکروویو. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*. ۷ (٤): ٤۳ -۵۳.

۱۷- محمدی، م.، پورفلاح، ز. و نهاردانی مومشکانی، س. م. ۱۳۹۲. بهینه سازی ضریب نفوذ مؤثر رطوبت و مدل سازی ریاضی سنتیک خشک‌کردن برش‌های میوه به (Cydonia oblonga). *مجله علوم غذایی و تغذیه*. ۱۲(۱): ٤۸ -۵۹.

۱۸- مرتضوی، ع.، سیف کردی، ع. ا.، صادقی ماهونک، ع. و غلامحسین پور، ع. ا. ۱۳۸۷. *مقدمه بر اصول مهندسی صنایع غذایی*. ویرایش چهارم. جلد دوم. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۵۳۸ ص.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۹- نوری، م.، کاشانی نژاد، م.، دارایی گرمه خانی، الف. و بلندی، م. ۱۳۹۱. بهینه سازی فرایند خشک‌کردن جعفری با استفاده از روش ترکیبی هوای داغ- مایکروویو. *نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی*. ٤ (۲): ۱۰۳- ۱۲۲.

۲۰- یکتاخواه.، س. و میرزایی، ح. ۱۳۹۳. تاثیر خشک‌کردن به روش مایکروویو بر سنیتیک خشک‌کردن خرما. *سومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان.

۲۱- یزدانی، د.، شهنازی، س.، جمشیدی، ا. ح.، رضازاده، ش. و مجاب، ف. ۱۳۸٤. بررسی تغییرات کمی و کیفی اسانس گیاهان آویشن (*Thymus vulgaris. L*) و ترخون (*Artemisia racunculus. L*) در اندام‌های خشک و تر گیاه. *نشریه گیاهان دارویی*. ۵ (۱۷): ۷ – ۱۵.

22- Akpinar, E. K., Bicer, Y. and Yildiz, C. 2003. Thin layer drying of red pepper. Journal of Food Engineering, 59: 99–104.

23- Akpinar, K., Bicer, Y. and Cetinkay, F. 2006. Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun. Journal of Food Engineering, 75(3): 308- 315.

24- Alibas, I. 2007. Microwave, air and combined microwave–air drying parameters pumpkin slice. Journal of Food Science and Technology, 40(8):1445-1451.

25- Asekan, O. T., Grieson, D. S. and Afolayan, A. J. 2007. Effect of drying methods on Effect of drying methods on the quality of the essential oil of Mentha lonifolia L. subsp Capensis. Food Chemistry, 101:995-998

26- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Journal of Nature, 26:1199-1200.

27- Deans, S. G. and Svoboda, K. P. 1992. Effect of drying regime on volatile oil and microflora of aromatic plant. Journal of Acta Horticulture, 306:450-452.

28- Doymaz, I., Tugrul, N. and Pala, M. 2006. Drying characteristics of dill and parsley leaves. Journal of Food Engineering, 3:559-565.

29- Kar, A. and Gupta, D.K. 2001. Osmotic dehydration characteristics of button mushroom. Journal of Food Science and Technology, 38(4):352-357.

30- Kamkar, A., Jebelli Javan, A., Asadi, F. and Kamalinejad, M. 2010. The antioxidative effect of Iranian Mentha pulegium extracts and essential oil in sunflower oil. Food and Chemical Toxicology, 48: 1796-1800.

31- Ozbek, B. and Dadali, G. 2007. Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment. Journal of Food Engineering, 4: 541–549.

32- Ozcan, M. M., Arsalan, D. Ahmet, U. 2005. Effect of drying methods on the mineral content of basil (Ocimum basilicum L.). Journal of Food Engineering, 69: 375-379.

33- Parker, J. C. 1999. Developing a Herb and Spice Industry in Callide Valley, Qeensland. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No: 99/45, RIRDC Project No: DAQ-194A.

34- Schiffman, R. F. 1992. Microwave processing in the U.S. food industry. Food Technology, 58:52-56.

35- Singh, M., Singh, N., Khare, P. B. and Rawat, A. K. S. 2007. Antimicrobial activity of some importantAdiantum species used traditionally in indigenous systems of medicine. Pharmacognosy and Ethnopharmacology Division, National Botanical Research Institute, Lucknow 226001, India.

www.SID.ir