DOI: http://dx.doi.org/10.22104/jift.2017.437

فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، سال چهارم، شماره ۱۵، صفحه ۱۵۰-۱۳۳، بهار ۱۳۹۶

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کدوحلوایی خشک‌شده به روش ترکیبی آبگیری اسمز-مایکروویو

زهرا شریفیان[1]، سید حسین حسینی قابوس [2*]

1 دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاداسلامی آزادشهر
2. استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاداسلامی، آزادشهر

(تاریخ دریافت: 95/8/10، تاریخ پذیرش: 95/10/29)

چکیده

کدو حلوایی یک محصول جالیزی مهم با ارزش غذایی بسیار بالا می‌باشد. در این پژوهش تأثیر خشک‌کردن ترکیبی آبگیری اسمز-مایکروویو ورقه‌های کدو حلوایی با ضخامت‌های 5 و 7 میلی‌متر، غلظت‌های محلول اسمزی 45، 55 و 65 درصد ساکاروز و در زمان‌های 15، 30، 45، 60، 90، ۱۲۰،۱۵۰،۱۸۰ دقیقه و توان‌های مختلف 100، 300 و 500 وات به‌عنوان خشک‌کردن تکمیلی مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی شامل بافت، چروکیدگی، رنگ و ویژگی‌های شیمیایی شامل پروتئین، خاکستر، رطوبت، بتاکاروتن، چربی، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم، فسفر، فیبر و ویتامین A موردبررسی قرار گرفت. تیمارهای اسمزی، مقاومت و سفتی بافت را کاهش داده‌اند. کم‌ترین مقدار چروکیدگی مربوط به کدو حلوایی خشک‌شده در توان 100 وات بود (71/09 درصد) و اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده شد. مقدار بتاکاروتن کدو حلوایی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر آبگیری شده در غلظت 55 درصد بین 2/6-3/5٪ بود. از نظر نتایج آماری بررسی فیبر بین نمونه‌های خشک‌شده در توان 100 و 300 وات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی با نمونه خشک‌شده در توان 500 وات اختلاف معنی‌دار داشتند. مقدار سدیم کدو حلوایی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در توان 100 وات در مایکروویو بین 0/02-0/01٪ می‌باشد. مقدار کلسیم کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات خشک شدند بین 1/08-1/05% بود. ورقه‌های کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو با توان 100 وات نسبت به تیمارهای 300 و 500 وات تیرگی کم‌تری داشتند. در مجموع زمان 150 دقیقه برای فرایند اسمز و توان 500 وات برای خشک‌کن مایکروویو انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: آبگیری اسمزی، بتاکاروتن، چروکیدگی، کدو حلوایی، مایکروویو.

* نویسنده مسئول: Hosseinighaboos@iauaz.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

1- مقدمه

میوه‌ها و سبزی‌ها جزء سالم‌ترین و مغذی‌ترین مواد غذایی به‌شمار می‌آیند. کدو حلوایی یک محصول جالیزی مهم با ارزش غذایی بالا بوده که دارای ماندگاری بالایی است. کدو حلوایی، با نام علمی *Cucurbita pepo* از خانواده Cucurbitaceae می‌باشد. این گیاه یک ساله، با ساقه‌های خوابیده بر سطح خاک، برگ‌های تخم‌مرغی پهن با اندازه 15 تا 30 سانتی‌متر و گل‌های زرد پررنگ و تک جنس مشخص می‌شود. ارزش غذایی کدو حلوایی بالا بوده و دارای 2 تا 10 میلی‌گرم در هر 100 گرم ویتامین C و 9-10 میلی‌گرم در هر 100 گرم ویتامین E می‌باشد [1-3]. این محصول هم‌چنین حاوی مقادیر بالایی از ویتامین K، B_6، تیامین، ریبوفلاوین و مواد معدنی مانند پتاسیم، فسفر، منیزیم، آهن و سلنیوم می‌باشد [1].

این میوه به لحاظ دارا بودن بتاکاروتن و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، می‌تواند خطر ابتلا به سرطان و بیماری‌های قلبی را کاهش دهد. این ویژگی‌های تغذیه‌ای سبب شده هر اقدامی که منتهی به تولید فراورده‌های جذاب و مفید از آن شود توصیه می‌گردد. در خشک‌کردن محصولات غذایی با روش‌های مختلف مشکلاتی مانند چروکیدگی، کاهش جذب مجدد آب در محصولات خشک‌شده و تغییرات نامطلوب در رنگ، بافت و طعم و ارزش غذایی ممکن است رخ دهد. از این رو استفاده از پیش فرایند آبگیری اسمزی تأثیر مثبت بر حفظ رنگ، بافت و ویژگی‌های کیفی فراورده خشک‌شده دارد [4، 5].

فرایند آبگیری اسمزی به‌دلیل بهبود پایداری و کیفیت محصول، اصلاح ویژگی‌های کاربردی و کاهش مصرف انرژی، علاقه محققین را در طی سال‌های اخیر، بیش از پیش به خود جلب کرده است. در این فرایند با قرار دادن مواد غذایی مانند میوه یا سبزی به‌صورت قطعه‌قطعه شده یا کامل در یک محلول اسمزی، دیواره طبیعی سلول‌های ماده غذایی به‌عنوان یک غشاء نیمه تراوا عمل کرده و به علت وجود اختلاف غلظت بین محلول اسمزی (که دارای فشار اسمزی بالاتر و فعالیت آبی کم‌تری است) و مایعات داخلی سلولی، نیروی محرکه لازم برای خروج آب از ماده غذایی به داخل محلول اسمزی ایجاد می‌شود [6]. در این فرایند آب بدون تغییر فاز از ماده غذایی خارج می‌شود. در آبگیری اسمزی، از دماهای پایین (کم‌تر از 45-50 درجه سانتی‌گراد) استفاده می‌شود [7، 8].

از روش‌هایی که طی دهه اخیر توجه زیادی به آن پرداخته شده، خشک کردن با استفاده از اشعه مایکروویو است. پرتوهای مایکروویو از دسته پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج بلند (فرکانس2450 مگاهرتز) می‌باشند. در هنگام عبور این امواج از بافت ماده غذایی، مولکول‌های قطبی مانند آب و نمک‌ها به ارتعاش در آمده و همین ارتعاش موجب تبدیل انرژی مایکروویو به حرارت می‌شود. قابل‌توجه این‌که بر خلاف روش‌های دیگر خشک‌کردن که در آن‌ها گرما باید از سطح به عمق نفوذ کند، در این روش گرما در خود بافت ماده غذایی تولیدشده و از آسیب دیدن و سوختن قسمت‌های سطحی ماده غذایی جلوگیری می‌شود [9-11]. به‌طور کلی فواید استفاده از انرژی مایکروویو در خشک‌کردن سبزی‌ها و میوها عبارت‌اند از کاهش زمان خشک‌کردن و افزایش کارایی فرایند خشک‌کردن، کاهش خشک شدن بیش از حد سطوح خارجی و حرارت همگن‌تر، ایجاد فراورده متخلخل و بهبود آبگیری مجدد، کاهش چروکیدگی و کاهش مصرف انرژی [12].

خشک‌کردن با مایکروویو سبب تولید گیاهان خشک‌شده با رنگ مناسب و درصد بالای مواد مؤثره می‌شود. به‌طور کلی فرایند خشک‌کردن به‌وسیله انرژی مایکروویو دارای 3 مرحله است [11-13]: در مرحله گرم شدن انرژی مایکروویو در بافت ماده مرطوب به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود و با گذشت زمان، دمای ماده مرطوب افزایش می‌یابد. از آن‌جایی که فشار بخار مرطوب در ماده غذایی بیش از محیط است، ماده غذایی شروع به از دست دادن رطوبت می‌کند، اما رطوبت جدا شده در این مرحله به‌نسبت کم است. در مرحله خشک شدن سریع به علت افزایش سریع حرارت و نیز ایجاد فشار داخلی، میزان رطوبت جدا شده بالا است. در بعضی مطالعات گزارش شده که در این حالت مقدار فشار داخلی 100 کیلو پاسکال بیش‌تر از فشار اتمسفری است. بیش‌تر افت رطوبت در این مرحله رخ می‌دهد. در مرحله سرعت نزولی میزان رطوبت به‌صورت محلی و نقطه‌ای کاهش می‌یابد. در این‌جا میزان انرژی مورد نیاز برای تبخیر رطوبت کم‌تر از انرژی حرارتی حاصل از پرتوهای مایکروویو است، در نتیجه انرژی حاصل ممکن است موجب حرارت دیدن بیش از حد ماده غذایی گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

در پژوهشی با به‌کارگیری روش‌های هوای گرم و مایکروویو برای خشک‌کردن برگه‌های نازک سیب، محققان به این نتیجه رسیدند که در روش مایکروویو نسبت به روش هوای گرم، دانسیته ظاهری کاهش و تخلخل محصول افزایش می‌یابد [14]. در یک بررسی برای خشک‌کردن برگه‌های نازک هویج از خشک‌کن هوای گرم مجهز به سیستم مایکروویو استفاده شد؛ که با استفاده از این روش 90-29٪ در مصرف انرژی صرفه‌جویی به عمل آمد. مشخص شد که استفاده از سطوح پایین‌تر انرژی موج باعث بهبود کیفیت فراورده نهایی می‌شود [15].

در پژوهشی تغییر حجم، چگالی و تخلخل کدو حلوایی در طول دوره خشک شدن به روش‌های اسمز و هوای داغ مطالعه شده است. خشک‌کردن اسمزی با محلول‌های ساکاروز، سدیم کلرید و مخلوطی از هر دو محلول در دماهای مختلف انجام شد. خشک‌کردن در هوای داغ نیز در دمای 70 درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. حجم نمونه به‌طور خطی با کاهش وزن کاهش یافت. چگالی ظاهری در محدوده 13-5٪ تغییر کرد. چگالی ذره‌ای در هر دو فرایند افزایش یافت. تخلخل در مراحل آغازین دو روش کم‌ترین مقدار را داشت و در مراحل پایانی افزایش یافت [16].

در این پژوهش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و عناصر معدنی موجود در کدو حلوایی خشک‌شده به روش ترکیبی اسمزی - مایکروویو بررسی شد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- آماده سازی نمونه‌ها

کدو حلوایی مورد استفاده در این پژوهش از گونه *C.Moschata* به‌صورت تازه از منطقه‌ی گلستان تهیه گردید. کدو حلوایی سالم و تازه پس از انتقال به آزمایشگاه شست و شو داده‌شد. سپس از پوست گیری با چاقو توسط کاتر از جنس استیل به برش‌هایی با ضخامت‌های در دامنه 5 و 7 میلی‌متر و قطر 20 میلی‌متر تبدیل گردیدند. برش‌ها تا زمان شروع آزمایش‌ها در داخل یخچال نگه‌داری شدند.

2-2- آماده سازی محلول هایپرتونیک

محلول‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل محلول قندی (ساکاروز) می‌باشد که شکر مورد نیاز به‌صورت بسته‌بندی‌های 900 گرمی از بازار تهیه گردیدند. محلول‌های هایپرتونیک (اسمزی) به‌کار رفته در آزمایشات انجام شده با انحلال شکر در آب مقطر با دامنه غلظت 45 تا 65 (درصد وزنی وزنی) می‌باشند که به نسبت 1 به 10 جهت انجام آزمایشات تهیه شد.

2-3- اندازه‌گیری رطوبت

ورقه‌های بریده شده با ضخامت‌های در دامنه 5 و 7 میلی‌متر و قطر 20 میلی‌متر هر یک با ترازوی دقیق و دقت 0/01± گرم توزین شده و در آون ULM400 Memert، ساخت آلمان با دمای 2±103 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. [17].

2-4- اندازه‌گیری مواد جامد محلول

میزان مواد جامد محلول به روش تعیین شکست نوری توسط رفراکتومتر CETI، ساخت آلمان اندازه‌گیری شد [17].

2-5- آبگیری اسمزی

پس از تهیه محلول‌های اسمزی هر یک از قطعات کدو حلوایی به‌طور مجزا در دمای 27 درجه سانتی‌گراد با استفاده از حمام آبگرم و در غلظت‌های مورد نظر در زمان‌های تحت بررسی 15، 30، 45، 60، 90، ۱۲۰،۱۵۰،۱۸۰ دقیقه قرار داده شد. سپس نمونه‌ها از محلول‌هایپرتونیک خارج و پس از شستشوی سطحی و خشک‌کردن سطح آن توزین شدند. سپس بریکس و رطوبت نهایی نمونه‌های آبگیری شده نیز محاسبه و ثبت شدند. با توجه به نتایج حاصل از فرایند اسمز از حدود زمان 150 دقیقه به بعد روند کاهش در محتوی رطوبت، کاهش مواد جامد و افزایش خروج آب مشاهده نشد. لذا زمان 150 دقیقه به‌عنوان بهترین زمان انجام فرایند آبگیری اسمزی به عنوان پیش تیمار برای خشک‌کن مایکروویو در نظر گرفته شد [6].

2-6- خشک‌کردن با مایکروویو

در این مرحله ورقه‌های کدو حلوایی پیش تیمار شده در مرحله آبگیری اسمزی جهت خشک‌کردن نهایی در دستگاه مایکروویو با توان‌های 100، 300 و 500 وات قرار رفتند. برای هر تیمار منحنی شدت خشک‌کردن و تغییرات رطوبت در برابر

Archive of SID

www.SID.ir

زمان رسم شد.

2-7- بررسی ویژگی‌های کیفی

ویژگی‌های کیفی نمونه‌های خشک‌شده نهایی شامل ظرفیت نگه‌داری آب، کربوهیدرات، دانسیته و تخلخل به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و گزارش شدند [17].

2-8- ارزیابی رنگ

بررسی رنگ سطح نمونه‌های خشک‌شده به‌وسیله دستگاه لاویباند[1] (Tintometer Ltd، انگلستان) و به‌دست آوردن شاخص‌های رنگی a*، b*، L* انجام شد. اختلاف رنگ نمونه قبل و بعد از خشک‌کردن با مایکروویو بر اساس رابطه (1) به‌دست آمد [18].

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

2-9- اندازه‌گیری بافت

نمونه‌ها ابتدا به مدت 15 دقیقه آبگیری مجدد شده سپس بافت نمونه‌ها به‌وسیله اندازه‌گیری میزان تنش در بیشینه نیرو، ارزیابی شد که برای حصول آن از روش سوراخ کردن استفاده شد [19]. برای انجام اندازه‌گیری‌ها از بافت سنج و Texture analyzer (Model H5ks) با پروب استوانه‌ای با قطر 4/6 میلی‌متر و سرعت ثابت 20 میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد. میزان تنش بر حسب مگا پاسکال به‌دست آمد.

2-10- چروکیدگی

میزان چروکیدگی محصول بر اساس نسبت تغییرات نسبت حجم با اندازه‌گیری حجم اولیه و حجم نهایی نمونه‌ها پس از فرایند خشک شدن به‌دست آمد [17].

2-11- ویژگی‌های شیمیایی

ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های خشک‌شده کدو حلوایی چربی شامل پروتئین، خاکستر، رطوبت، فیبر، آهن، کلسیم، پتاسیم، سدیم، کربوهیدرات، بتاکاروتن و ویتامین A سنجیده شد.

1. Lovibond

2-11-1- اندازه‌گیری پروتئین

پروتئین خام به کمک روش Micro-Kjeldahl تعیین گردید. حدود یک گرم از نمونه وزن با اسید سولفوریک غلیظ (20 میلی‌لیتر) در بالن کجلدال ریخته و مرحله هضم انجام شد [20].

2-11-2- خاکستر

1 گرم نمونه در بوته چینی‌هایی با وزن ثابت توزین شد. سپس به‌منظور سوزاندن اولیه، بوته‌های حاوی نمونه بر روی هیتر و زیر هود قرار گرفته و عمل سوزاندن تا زمانی که دیگر دودی از نمونه خارج نشود و کلیه مواد آلی بسوزند، ادامه یافت. سپس بوته‌ها به کوره MF120، ساخت ترکیه، با دمای 550 درجه سانتی‌گراد منتقل شدند [17].

2-11-3- فیبر

1 گرم از نمونه خشک‌شده بدون چربی را به بشر 600 میلی‌لیتری ریخته و سپس به آن اسید سولفوریک 1/25 درصد اضافه‌شده و مدت 30 دقیقه هضم انجام شد؛ و سپس توسط کاغذ صافی صاف کرده و شستشو با آب مقطر داغ برای حذف اسید انجام شد. سپس جوشاندن مواد صاف نشده با پتاس 1/25 درصد برای مدت 30 دقیقه و سپس آن را صاف و با استفاده از آب مقطر داغ برای حذف قلیا شستشو انجام شد. باقی‌مانده در آون 105 درجه سانتی‌گراد به مدتی یک شب خشک شد. فیبر خام پس از سوزاندن در کوره الکتریکی 600 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 ساعت از طریق رابطه (2) محاسبه شد [2].

(2) درصد فیبرخام = (وزن خام فیبر) / (وزن نمونه) ×100

2-11-4- اندازه‌گیری آهن

1 تا 10 گرم از نمونه را بر طبق روش کلی خاکستر نموده تا کلیه کربن موجود از بین برود. خاکستر به‌دست آمده را سرد و در 10 میلی‌لیتر اسید سولفوریک رقیق (10 درصد) حل کرده و این محلول را روی بن ماری گرم تبخیر کردیم تا خشک شود. در طول موج 508 نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر PG instruments Itd، ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد [21].

Archive of SID

www.SID.ir

2-11-5- اندازه‌گیری بتاکاروتن

پنج گرم از نمونه در 15-10 میلی‌لیتر استون به کمک دسته هاون خردشده و چند کریستال سدیم بدون آب[1] اضافه شد. مایع رویی به داخل یک بشر جدا شد. این فرایند دو بار تکرار شد و محلول‌های رویی ترکیب‌شده و به یک قیف جداکننده منتقل شد، پس از آن 15-10 میلی‌لیتر اتر پترولیوم اضافه‌شده و به‌خوبی مخلوط شدند و به‌صورت دو لایه از هم جدا در آمد. لایه تحتانی دور ریخته شد و لایه فوقانی در یک بالن به حجم 100 میلی‌لیتر جمع‌آوری شد و با اتر پترولیوم به حجم 100 می‌رسانید؛ و جذب نوری در طول موج 452 nm ثبت شد. از اتر پترولیوم به عنوان شاهد استفاده شد. βکاروتن با استفاده از رابطه (3) محاسبه شد [3]:

(3)

βکاروتن=

(100)×10^4×13/9×غلظت نمونه /(1000×560×وزن نمونه)

ویتامین A با استفاده از رابطه (4) بعد از به‌دست آمدن بتاکاروتن نمونه‌ها محاسبه شد[3] :

(4) ویتامین A (µg) = بتاکاروتن (µg)/6

2-11-6- اندازه‌گیری عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم

میزان 0/05 گرم از خاکستر با 1 میلی‌لیتر اسید کلریدریک 6 نرمال حل کرده سپس در بالن حجمی 50 میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم رسانده. با کاغذ صافی صاف نمودیم. به‌وسیله دستگاه فلیم فتومتر Corning M410، انگلستان، مقدار عناصر مذکور به‌دست آمد.

2-12- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایش‌ها با سه تکرار بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. نتایج به‌دست آمده با استفاده از روش آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ($p<0/05$) صورت گرفت. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 صورت گرفت و نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 رسم گردیدند.

1. Crystals of anhydrous sodium

3- نتایج و بحث

3-1- چروکیدگی

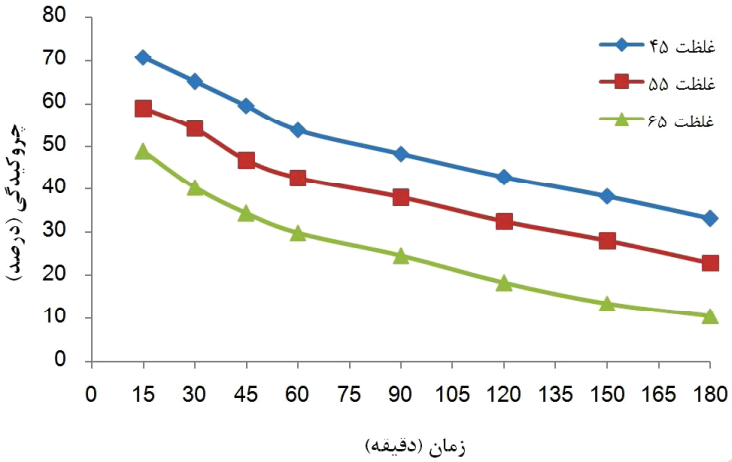
در شکل (1) تأثیر غلظت محلول اسمزی بر میزان چروکیدگی نمونه‌ها نشان داده‌شده است. بین میزان چروکیدگی بافت با غلظت محلول اسمزی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<0/05$) و با افزایش غلظت محلول اسمزی چروکیدگی افزایش یافت. با افزایش جذب مواد جامد طی فرایند آبگیری اسمزی به‌دلیل افزایش مقاومت بافت به نفوذ قند، میزان چروکیدگی کاهش می‌یابد. در واقع عامل اسمزی در فضای میان بافتی نفوذ کرده و با پر کردن فضاهای خالی از ایجاد چروکیدگی تا حد زیادی جلوگیری می‌کند. استفاده از غلظت‌های بالاتر و زمان‌های طولانی‌تر آب گیری، باعث ایجاد یک لایه سخت کریستاله در سطح کدو می‌گردد. ایجاد این حالت طی خشک‌کردن باعث ایجاد پدیده سخت شدن سطح شده و لذا از چروکیدگی جلوگیری می‌شود. این نتایج با گزارش سایر محققین مطابقت دارد [13، 22، 23].

کم‌ترین چروکیدگی مربوط به کدو حلوایی خشک‌شده در توان 100 وات بود و با میزان 71/09 درصد چروکیدگی با اختلاف معنی‌داری نسبت به کدو حلوایی خشک‌شده در توان 300 و 500 وات، چروکیدگی کم‌تری از خود نشان داد. میزان چروکیدگی تیمارهای 300 و 500 وات به‌ترتیب با میزان چروکیدگی 77/25 و 79/41 درصد، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p<0/05$). به عبارتی با کاهش توان خشک‌کردن توسط مایکروویو، میزان چروکیدگی ورقه‌های کدو حلوایی کاهش می‌یابد. انرژی مایکروویو موجب چروکیدگی شدید محصول پایانی شد. چروکیدگی شدید سلولی بیانگر تأثیر مخرب انرژی مایکروویو بر روی دیواره سلول‌هاست. هنگام انجام آزمایش مشاهده شد که سلول‌ها حجیم می‌شوند، اما توانایی حفظ حجم به‌وجود آمده را نداشته در نتیجه پس از اتمام پرتودهی با انرژی مایکروویو دوباره به حالت اولیه در می‌آیند. در این حالت سلول‌ها حتی قدرت حفظ نظم اولیه خود را نداشته و آرایش آن‌ها کاملاً از دست می‌رود.

پژوهشگران در خشک‌کردن برگ‌های نازک نعناع توسط مایکروویو بیان کردند با افزایش قدرت خروجی مایکروویو از 180 تا 900 وات و مقدار نمونه از 25 تا 100 گرم،

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (1) اثر غلظت محلول اسمزی بر میزان چروکیدگی

زمان خشک شدن به‌ترتیب از 12/50 تا 3/0 دقیقه کاهش می‌یابد و از 6/60 تا 16 دقیقه افزایش یافت. با افزایش قدرت خروجی مایکروویو و افزایش مقادیر نمونه، ضریب انتشار به ترتیب از $3/0982 \times 10^{-11}$ تا $2/073 \times 10^{-10}$ مترمربع بر مجذور ثانیه و از محدوده $9/253 \times 10^{-11}$ تا $3/162 \times 10^{-11}$ مترمربع بر مجذور ثانیه تغییر کرد [24].

آلیباس در خشک‌کردن ترکیبی لایه نازک کدو با هوای داغ و مایکروویو و رطوبت 9/31 گرم (آب برگرم) با دمای خشک‌کن 50 درجه سانتی‌گراد و 75 درجه سانتی‌گراد و قدرت مایکروویو 160 وات و 350 وات نشان داد در روش ترکیبی 350 وات و 50 درجه سانتی‌گراد بهترین روش برای حفظ بیش‌تر رنگ و حداقل رطوبت می‌تواند باشد. رطوبت نمونه از 9/31 گرم (آب برگرم) به 0/1 گرم (آب برگرم) رسید [25].

2-3- خاکستر

با توجه به شکل (2) در تمامی نمونه‌ها با افزایش غلظت محلول اسمزی طی زمان خشک‌کردن میزان خاکستر به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته است ($p<0/05$). این امر به‌دلیل است که با افزایش غلظت محلول اسمزی، درصد جذب مواد جامد افزایش‌یافته است.

به‌طور کلی باقی‌مانده املاح در ماده غذایی را اصطلاحاً خاکستر می‌نامند. همان‌طور که در شکل (3) مشاهده می‌شود تفاوت میان مقادیر خاکستر کدو حلوایی توسط توان‌های مختلف مایکروویو ناچیز می‌باشد و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p<0/05$).

3-3- ارزیابی رنگ

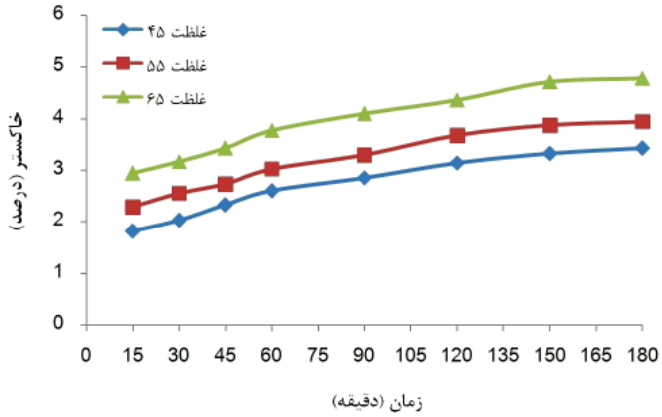
همان‌طور که از نتایج شکل (4) نشان داده می‌شود، نمونه‌های اسمز، میزان تغییرات رنگ کم‌تری در غلظت‌های مختلف نشان می‌دهند و این اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد ($p<0/05$). این پدیده را بدین صورت می‌توان تفسیر کرد که در مرحله خشک‌کردن به روش اسمز، نمونه‌ها در زیر محلول و به دور از اکسیژن قرار دارند بنابراین کمبود اکسیژن باعث کندی پیشرفت واکنش‌های قهوه‌ای شدن شده است و به‌دلیل تغییر رنگ کم‌تر، جذابیت بیش‌تری در نظر مصرف‌کننده، نشان داد. نتایج به‌دست آمده با نتایج سایر محققان در این زمینه مطابقت داشت [26، 27] چه زمان خشک‌کردن طولانی‌تر باشد شاخص قهوه‌ای شدن (ΔE) بیش‌تر می‌شود.

گروهی از پژوهشگران سویای پخته‌شده را به سه روش هوای گرم، مایکروویو و ترکیب مایکروویو-هوای گرم (جابه‌جایی) خشک‌کردند. نتایج آزمایشات آن‌ها نشان داد که سرعت خشک شدن به روش ترکیبی چهار برابر سریع‌تر از روش جابه‌جایی هوای گرم و دو برابر سریع‌تر از روش مایکروویو می‌باشد. زمان آبگیری مجدد در روش ترکیبی 50 تا 60 درصد کم‌تر از روش هوای گرم و یا روش ماکروویو گزارش شد. هم‌چنین آن‌ها تغییرات رنگ را با دستگاه هانتر لب اندازه‌گیری کردند و تغییر در رنگ بین روش‌ها را برابر گزارش کردند [28].

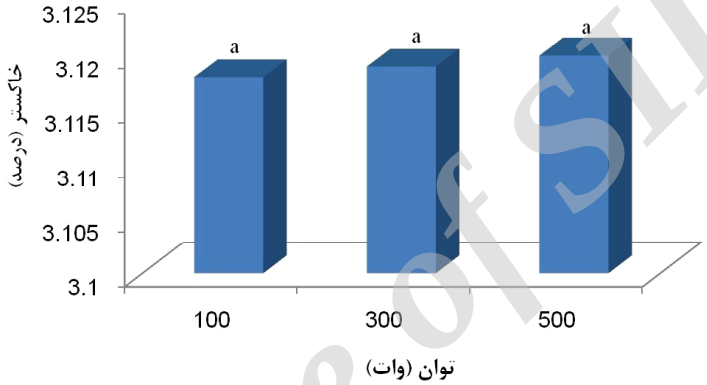
شاخص تفاوت رنگ ورقه‌های کدو حلوایی بر اساس مقادیر

Archive of SID

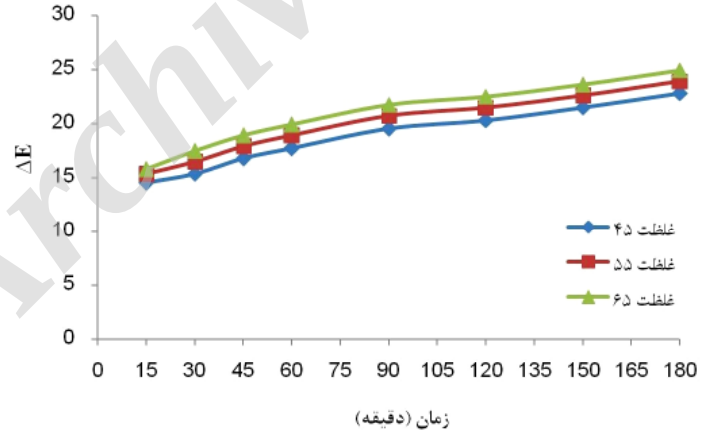
www.SID.ir



شکل (2) اثر غلظت محلول اسمزی بر میزان خاکستر



شکل (3) تغییرات خاکستر ورقه‌های کدو حلوایی خشک‌شده با توان‌های مختلف مایکروویو



شکل (4) اثر متقابل زمان و غلظت محلول اسمزی بر تغییرات رنگ

*L، *a، *b نسبت به نمونه بعد از اسمز در شرایط بهینه (زمان 150 دقیقه و غلظت محلول 65 درصدوزنی-وزنی) می‌باشد. ورقه‌های خشک‌شده با مایکروویو با توان 100 وات اختلاف معنی‌داری با تیمار 500 وات داشت ($p<0/05$). همان‌طور که در شکل (5) مشاهده می‌شود نمونه‌ها با تیمار 100 وات رنگ و ظاهر بهتری نسبت شدت‌های بیش‌تر مایکروویو داشتند.

با توجه به شکل (6) ورقه‌های کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو با توان 100 وات نسبت به تیمارهای 300 و 500

Archive of SID

www.SID.ir

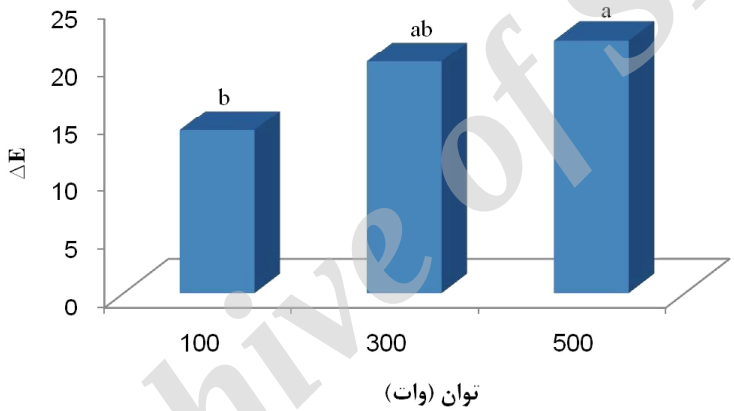
وات تیرگی کم‌تری داشتند، اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ($p<0/05$).

در پژوهشی تغییرات رنگ و ویژگی‌های ساختمانی نازک سیب واریته گلدن دلیشس[1] پس از فرایند خشک‌کردن با استفاده از روش‌های هوای داغ و مایکروویو مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ویژگی‌های رنگی نشان داد که بعد از اعمال انرژی مایکروویو، شاخص‌های اختلاف رنگ و قهوه‌ای شدن در نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت [12].

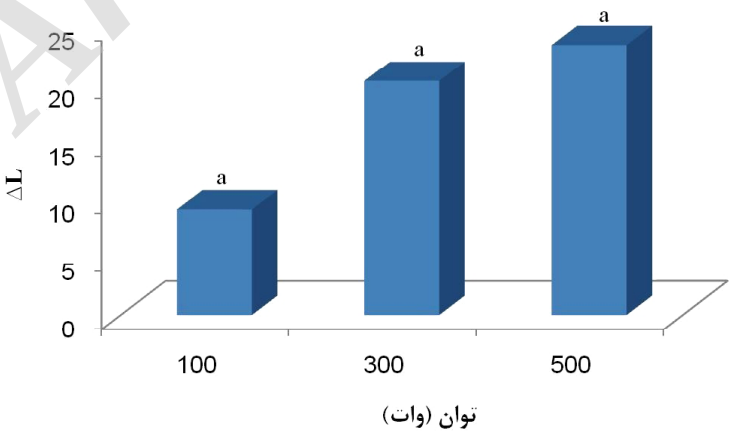
در رابطه با اختلاف قرمزی رنگ در نمونه‌ها قبل و بعد از مایکروویو با توان‌های مختلف مشخص شد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($p<0/05$) (شکل 7). ولی مقدار قرمزی رنگ در تیمار 100 وات کم‌تر از تیمار 300 و هم‌چنین تیمار 300 وات کم‌تر از 500 وات بود. در خصوص زردی رنگ حاصل شده نمونه‌های که در 100 وات مایکروویو خشک‌شده بودند زردتر از نمونه‌های دیگر بودند (شکل 8)، همان‌طور که در شکل (8) مشاهده می‌شود، توان‌های مختلف مایکروویو بر میزان زردی محصول تأثیر معنی‌داری داشتند ($p<0/05$).

به‌کارگیری انرژی مایکروویو در شرایطی که موجب افزایش حجم نمونه‌ها شود، ویژگی‌های رنگی آن‌ها را نیز بهبود می‌بخشد که علتحجم نمونه‌ها شود، ویژگی‌های رنگی آن‌ها را نیز بهبود می‌بخشد که علت این امر کاهش تراکم رنگ‌دانه‌ها در واحد سطح است [14].در پژوهشی که به‌منظور بررسی تأثیر فرایند خشک‌کردن نهایی با مایکروویو و هوای گرم بر پارامترهای خشک‌کردن دو نوع انگور خشک‌شده صورت گرفت. محققان ابتدا نمونه‌ها را در حمام آب با دمای

1. Golden Delicious



شکل (5) تغییرات شاخص رنگ برای ورقه‌های کدو حلوایی خشک‌شده با توان‌های مختلف مایکروویو



شکل (6) تغییرات ΔL برای ورقه‌های کدو حلوایی خشک‌شده با توان‌های مختلف مایکروویو

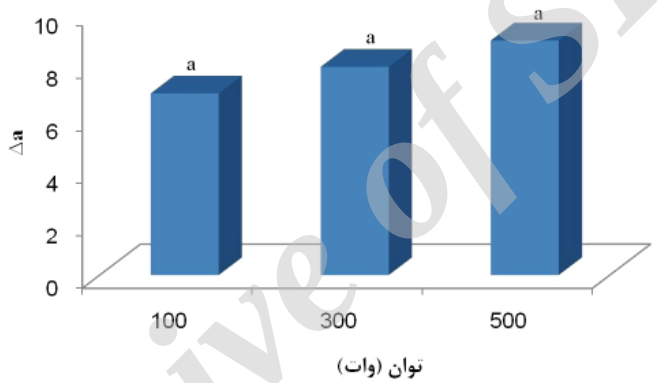
Archive of SID

www.SID.ir

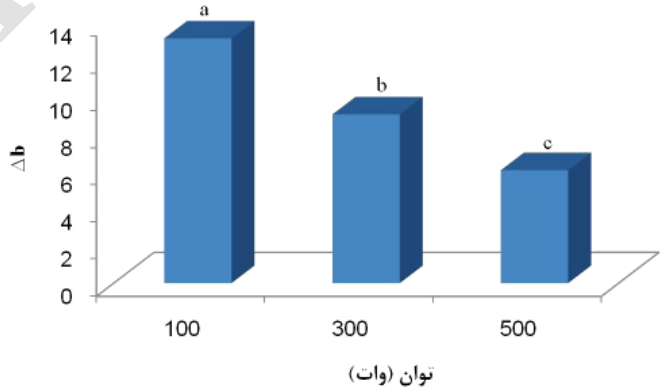
(25 و 45 درجه سانتی‌گراد) و زمان (60 و 30 دقیقه) معین شستشو داده و پس از حذف آب سطحی، با روش مایکروویو (در دو توان 270 و 450 وات) و روش جریان هوای گرم (روش جابه‌جایی) در دمای 50 درجه سانتی‌گراد خشک نمودند. نتایج نشان داد که روش خشک‌کردن نهایی، رنگ محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد و هم‌چنین استفاده از روش مایکروویو برای خشک‌کردن نهایی تابع توان مورد استفاده و نوع محصول است [15].

4-3- بافت

همان‌طور که در شکل (9) ملاحظه می‌گردد تیمارهای اسمزی، مقاومت و سفتی بافت را کاهش داده‌اند و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد ($p<0/05$). نتایج به‌دست آمده با نتایج سایر محققین که روی محصولات دیگر مانند سیب‌زمینی، هلو، توت‌فرنگی و کیوی مطالعه کرده‌اند مطابقت دارد [4، 5، 8، 23، 29، 30]. علت نرم شدن بافت نمونه‌های اسمز شده را می‌توان به اثر پلاستی سایزری (نرم‌کنندگی) مواد قندی محلول اسمزی به بافت میوه، نسبت داد و بنابراین، با افزایش غلظت مواد محلول، انتظار بر این است که جذب مواد جامد (SG) افزایش یافته و اثر نرم‌شدگی بافت، تشدید یابد. نرم‌کننده‌ها، مواد ریز مولکولی هستند که موجب افزایش تحرک زنجیرهای بیوپلیمری موجود در ساختار مواد غذایی شده و موجب کاهش سفتی مکانیکی و دمای انتقال شیشه‌ای می‌گردند.



شکل (7) تغییرات Δa برای ورقه‌های کدو حلوایی خشک‌شده با توان‌های مختلف مایکروویو



شکل (8) تغییرات Δb برای ورقه‌های کدوحلوایی خشک‌شده با توان‌های مختلف مایکروویو

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی رفتارهای بافتی در نمونه‌های مایکروویو شده در شکل (10) نشان داده‌شده است. نتایج حاکی از آن است که با افزایش توان، بیشینه نیرو کاهش می‌یابد و زمانی که از مایکروویو با توان 500 استفاده می‌شود نمونه به‌دلیل فشار بخار زیادی که در آن ایجاد خواهد شد باد می‌کند و پس از چند ثانیه به حالت اول بر می‌گردد، در بازگشت به حالت اول، به‌دلیل تخریب زیاد دیواره سلولی نمی‌تواند خود را حفظ کند و دوباره منافذ مسدود و بافت سفت‌تر خواهد شد.

محققان تأثیر پیش تیمار کلسیم، میزان خلأ و واریته سیب را بر خصوصیات بافتی چیپس سیب تولیدشده به دو روش خشک‌کن هوای داغ و مایکروویو تحت خلأ بررسی نمودند. برش‌های سیب در محلول 2-1 درصد کلسیم کلرید غوطه‌ور شده سپس وارد فرایند شد. با بررسی داده‌های آزمایشگاهی و آنالیز محصول تولیدی به این نتیجه رسیدند که چیپس‌های سیب تولیدشده از گونه فوجی بسیار تردتر از گونه‌های قرمز و طلایی بوده است. هم‌چنین میزان کلسیم بالا در ماده باعث افزایش تردی شد. روش مایکروویو خلأ بیش‌تر استفاده‌شده در خشک‌کن مایکروویو باعث افزایش تردی و کاهش چگالی شده است [31].

در خشک‌کردن فلفل قرمز به روش ترکیبی سینتیک خشک شدن، تغییر در بافت و رنگ فلفل اندازه‌گیری شد. به‌طور کلی، خشک‌کردن به روش ترکیبی با استفاده همزمان از هوای گرم و تابش مداوم امواج مایکروویو کم‌ترین زمان خشک شدن و پایین‌ترین کیفیت محصول را در میان سایر روش‌های ترکیبی خشک‌کردن نتیجه داد. این در حالی است که استفاده همزمان از هوای گرم و تابش متناوب امواج مایکروویو به تولید محصولی با کیفیت بالا نسبت به سایر روش‌های ترکیب، انجامید. بر اساس نتایج این مطالعه، استفاده همزمان از هوای گرم و تابش متناوب امواج مایکروویو، در 35 درجه سانتی‌گراد با نسبت پالس 3 در توان 597 وات صرفه‌جویی قابل توجهی در زمان خشک‌کردن در مقایسه با روش هوای گرم (جابه‌جایی) داشته و محصول نهایی از نظر رنگ، بافت و ویژگی‌های حسی کیفیت بالایی داشته است [32].

5-3- بتاکاروتن

همان‌طور که در جدول (1) ملاحظه می‌گردد میزان بتاکاروتن کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر در طی فرایند خشک‌کردن توسط مایکروویو در توان‌های 100، 300 و 500 وات بین 1/9-1/6٪ می‌باشد که بیش‌ترین آن مربوط به توان 300 وات و کم‌ترین آن مربوط به توان 100 وات می‌باشد.

از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان‌های 100، 300 و 500 وات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

با توجه به این جدول میزان بتاکاروتن کدو حلوایی با ضخامت 0/7 در طی فرایند خشک‌کردن توسط مایکروویو در توان‌های 100، 300 و 500 وات بین 3/6-2/6٪ می‌باشد که بیش‌ترین آن مربوط به توان 500 وات و کم‌ترین آن مربوط به توان 100 وات می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان 100، 300 و 500 وات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p<0/05$).

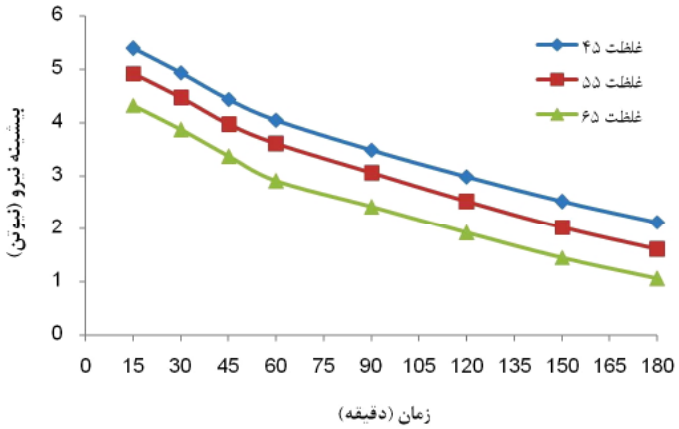
همان‌طور که در شکل (11) ملاحظه می‌گردد مقدار بتاکاروتن کدو حلوایی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در غلظت 45 بین 1/48-1/42٪ می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/5 سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/7 سانتی‌متر می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده توسط اسمز با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر غلظت 45 اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<0/05$).

ناویرسکا و همکاران با استفاده از روش‌های همرفت، مایکروویو تحت خلأ و انجمادی تحت خلأ برش‌های کدو حلوایی را خشک کردند. چروک‌خوردگی، دانسیته توده‌ای، رنگ و درصد کاروتنوئید برش‌های 12 رقم کدو حلوایی اندازه‌گیری و مشاهده شد روش‌های خشک‌کردن مایکروویو تحت خلأ و انجمادی نسبت به روش همرفتی باعث افت کم‌تری در مقدار کاروتنوئیدهای محصول نهایی می‌شوند [33].

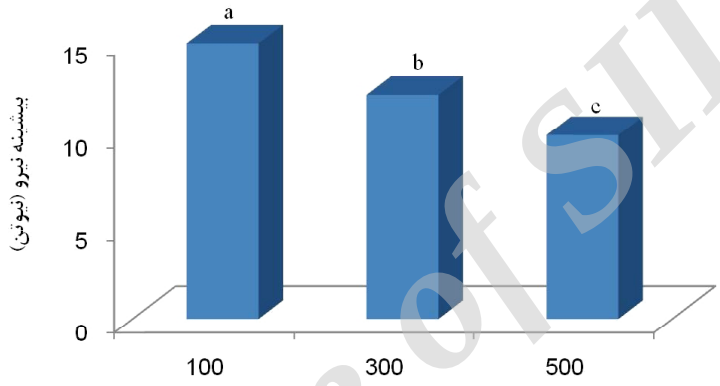
با توجه به این شکل، مقدار بتاکاروتن کدو حلوایی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در غلظت 55 درصد بین 3/5-2/6٪ می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/7 سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/5 سانتی‌متر می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده توسط اسمز با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر غلظت 55 اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<0/05$). مقدار بتاکاروتن کدو حلوایی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در غلظت

Archive of SID

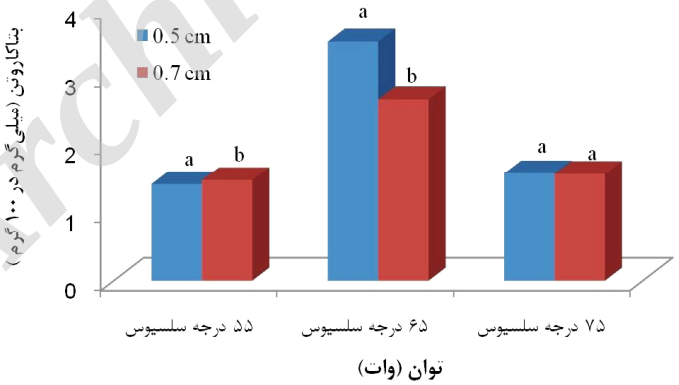
www.SID.ir



شکل (9) اثر غلظت محلول اسمزی بر بیشینه نیرو



شکل (10) اثر بیشینه نیرو بر ورقه‌های کدوحلوایی خشک‌شده با توان‌های مختلف مایکروویو



شکل (11) مقایسه مقدار بتاکاروتن کدوحلوایی خشک‌شده توسط اسمز در غلظت‌های 45، 55 و 65 درصد

جدول (1) نتایج آنالیز آماری میزان بتاکاروتن کدوحلوایی.

ضخامت برش‌ها	توان 100 وات	توان 300 وات	توان 500 وات
ضخامت 0/5	1/3336±0/15275 a	1/9333±0/15275 a	1/73333±0/15275 a
ضخامت 0/7	2/6±0/1 a	2/6667±0/15275 a	3/6±0/1 a

Archive of SID

www.SID.ir

65 اسمز بین 1/6-1/5٪ می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/7 سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/5 سانتی‌متر می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده توسط اسمز با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر در غلظت 65 اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

6-3- ویتامین A

همان‌طور که در شکل (12) مشاهده می‌شود با افزایش توان ماکروویو میزان ویتامین A در کدو حلوایی افزایش‌یافته است و بین غلظت‌های مختلف استفاده شده تغییر معنی‌داری مشاهده شد ($p<0/05$). چرا که در توان‌های بالا، با وجود شدت حرارتی زیاد مدت زمان کوتاه‌تری برای خشک‌کردن نیاز دارند. در نتیجه انرژی کم‌تری به داخل کدو حلوایی نفوذ کرده و بیش‌تر سطح تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین می‌توان گفت که در توان‌های بالای مایکروویو ویتامین A کم‌تری تجزیه شده است.

پژوهشگران در خشک‌کردن برگه گلابی با آون و مایکروویو بیان کردند با افزایش دمای آون و توان مایکروویو مقدار قند کل افزایش و اسید آسکوربیک کاهش می‌یابد. میزان اتلاف اسید آسکوربیک در خشک‌کردن با مایکروویو در مقایسه با آون کم‌تر بود. در خشک‌کردن مایکروویو زمان لازم برای رسیدن به رطوبت نهایی مورد نظر کاهش یافت؛ و در نهایت خشک‌کردن با مایکروویو در مقایسه با آون نتایج بهتری را نشان داد [34].

7-3- پروتئین

همان‌طور که در شکل (13) ملاحظه می‌گردد میزان پروتئین کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های 100، 300 و 500 وات خشک شدند بین 2/7-2/3٪ بود که کم‌ترین آن مربوط به توان 500 وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان 100 وات بود. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان‌های 100، 300 و 500 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p<0/05$). با توجه به این شکل میزان پروتئین کدو حلوایی با ضخامت 0/7 سانتی‌متر که تحت توان‌های 100، 300 و 500 وات خشک شدند بین 2/8-2/3٪ بود که کم‌ترین آن مربوط به توان 500 وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان 300 وات بود. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان‌های 100، 300 و 500 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p<0/05$).

8-3- آهن

شکل (14) ملاحظه می‌گردد مقدار آهن کدو حلوایی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در توان 100 وات در مایکروویو بین ppm 32/8-28/1 می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/7 سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/5 سانتی‌متر می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در آون با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر در توان 100 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<0/05$). مقدار آهن کدو حلوایی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در توان 500 وات در مایکروویو بین ppm 39/4-36/4 می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/7 سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/5 سانتی‌متر می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در آون با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر در توان 500 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<0/05$).

9-3- فیبر

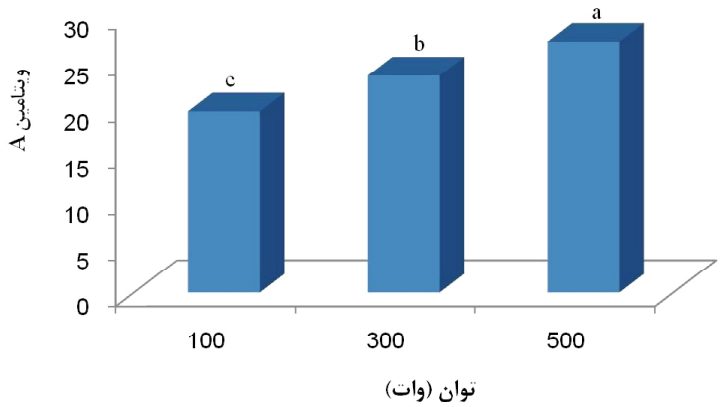
همان‌طور که در شکل (15) ملاحظه می‌گردد میزان فیبر کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات خشک شدند بین 6/06-4/5٪ بود که کم‌ترین آن مربوط به توان 500 وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان 100 وات بود. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p<0/05$). به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست آمده افزایش توان منجر به کاهش فیبر در ماده غذایی شد که نتایج به‌دست آمده با نتایج پینهو و همکاران در زمینه خشک‌کردن کدوتنبل ماکسیما به روش خشک‌کن همرفتی مطابقت نداشت. آن‌ها در تحقیقات خود اختلاف معنی‌داری در مقدار فیبر کدوتنبل خشک‌شده در دماهای مختلف مشاهده نکردند.

10-3- فسفر

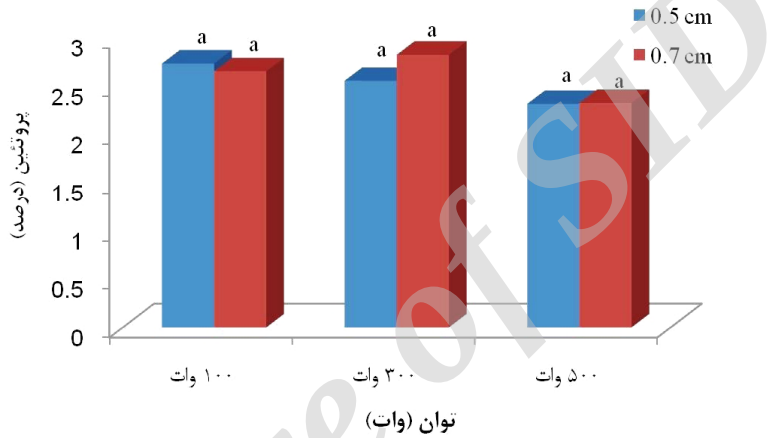
همان‌طور که در شکل (16) ملاحظه می‌گردد میزان فسفر

Archive of SID

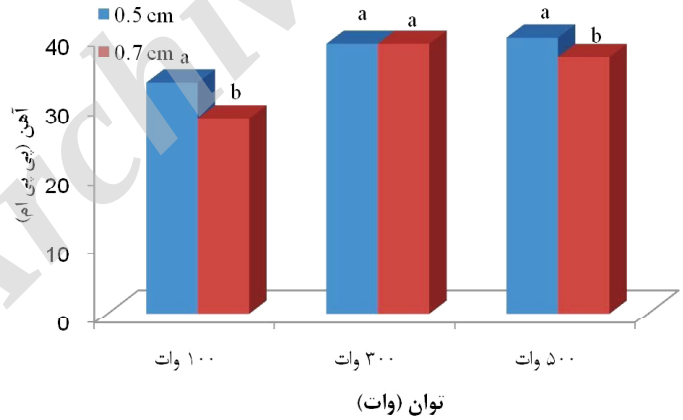
www.SID.ir



شکل (12) مقادیر ویتامین A کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های 100، 300 و 500 وات



شکل (13) مقادیر پروتئین کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های 100، 300 و 500 وات

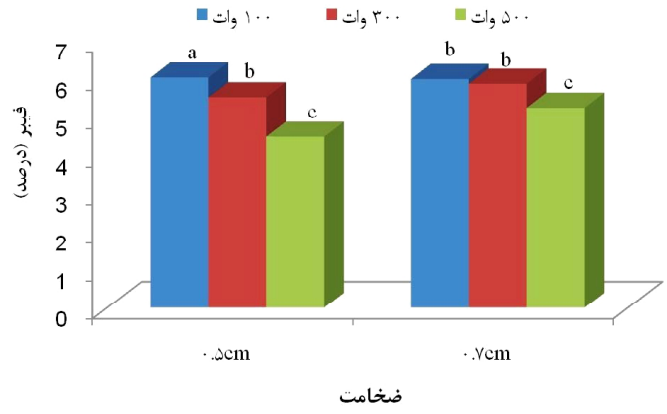


شکل (14) مقایسه مقدار آهن بین ضخامت‌های 0/5 و 0/7 سانتی‌متر کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های 100، 300 و 500 وات

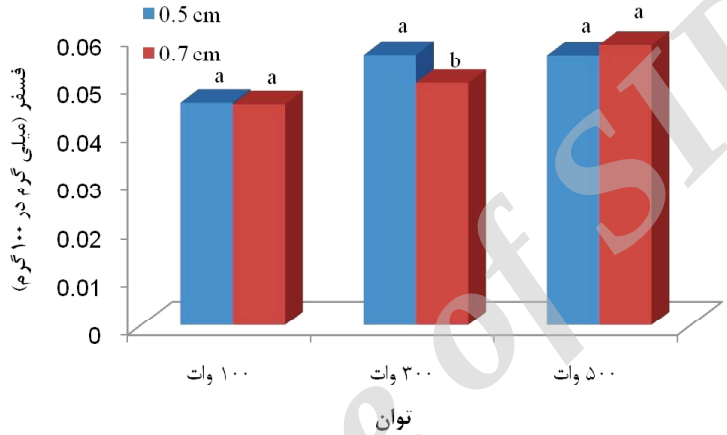
کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات خشک شدند بین 0/05-0/04٪ بود که کم‌ترین آن مربوط به توان 100 وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان 500 وات بود. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان 300 و 500 وات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p<0/05$). با توجه به شکل میزان فسفر کدو حلوایی با ضخامت 0/7 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات خشک شدند بین 0/05-0/04٪ بود که کم‌ترین آن مربوط به توان 100 وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان 500 وات بود. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (15) مقادیر فیبر کدوحلوایی خشک‌شده توسط آون در توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات در مایکروویو



شکل (16) مقادیر فسفر کدوحلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات

در توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p<0/05$).

ارسلان و همکاران اثر روش‌های خشک‌کردن بر محتوای املاح ریحان را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آنان نشان داد میزان فسفر در نمونه خشک‌شده با آون بیش‌تر از تیمار خشک‌شده با آفتاب بود [35].

3-11- سدیم

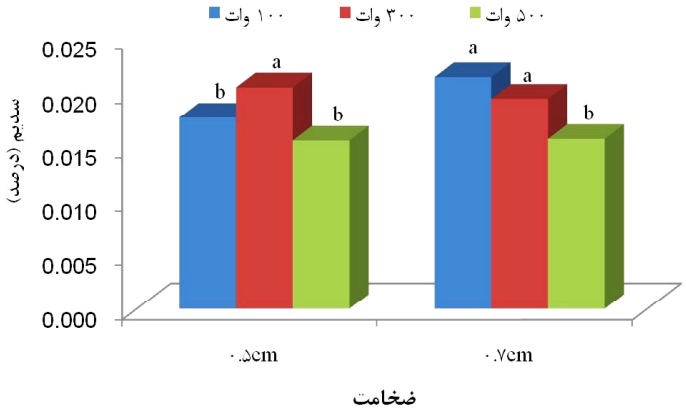
در شکل (17) ملاحظه می‌گردد مقدار سدیم کدو حلوایی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در توان 100 وات در مایکروویو بین 0/02-0/01٪ می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/5 سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/7 سانتی‌متر می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در مایکروویو با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر در توان 100 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. مقدار سدیم کدو حلوایی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در توان 300 وات در مایکروویو بین 0/021-0/02٪ می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/7 سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/5 سانتی‌متر می‌باشد.

3-12- پتاسیم

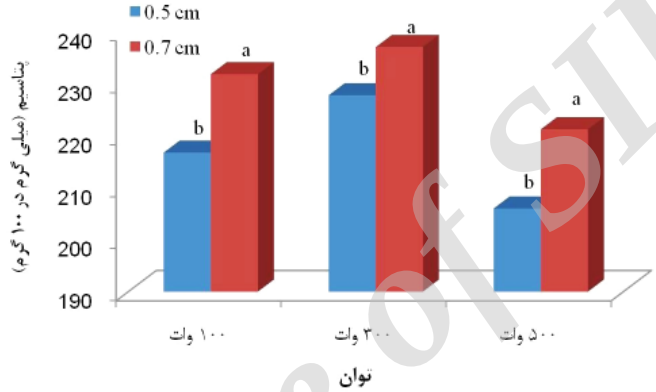
همان‌طور که در شکل (18) ملاحظه می‌گردد میزان پتاسیم کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات خشک شدند حدود 206-207mg /100g بود که کم‌ترین آن مربوط به در توان 500 وات و بیش‌ترین آن مربوط به در توان 300 وات بود. میزان پتاسیم کدو حلوایی با ضخامت 0/7 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات خشک شدند حدود 207-221mg /100g بود که کم‌ترین آن مربوط به در توان 500 وات و بیش‌ترین آن مربوط به در توان 300 وات بود.

Archive of SID

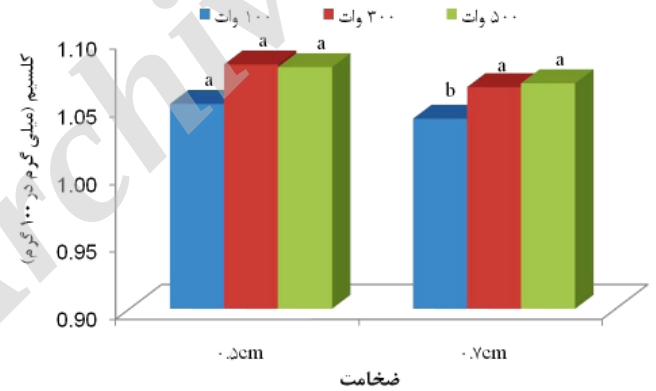
www.SID.ir



شکل (17) مقادیر سدیم کدوحلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات



شکل (18) مقادیر پتاسیم کدوحلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات



شکل (19) مقادیر کلسیم کدوحلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات

3-13- کلسیم

مقدار کلسیم کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات خشک شدند بین 1/08-1/05٪ بود که کم‌ترین آن مربوط به توان 100 وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان 300 وات بود (شکل 19). از لحاظ نتایج آماری اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات مشاهده شد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان‌های 300 و 500 وات اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی با نمونه خشک‌شده در توان 100 وات اختلاف معنی‌دار داشتند ($p<0/05$).

استادزاده و سید النگی اثر روش های مختلف خشک کردن شامل روش آفتابی، هوای داغ و مایکروویو بر ویژگی‌های کمی

Archive of SID

www.SID.ir

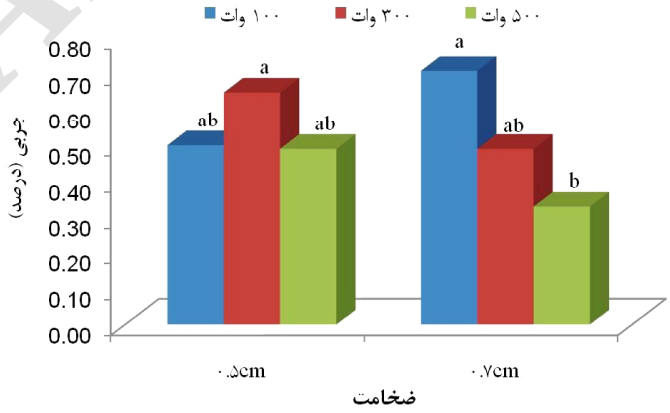
و کیفی گیاه علف چشمه شامل افت رطوبت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقادیر ویتامین ث، فسفر، کلسیم و آهن را بررسی نمودند. به‌طور کلی، تیمارهای خشک شده با آون و مایکروویو با توجه به دارا بودن محتوای رطوبت کم‌تر در یک وزن ثابت نسبت به تیمارهای خشک شده با آفتاب، مقدار املاح بیش‌تری را در خود حفظ نمودند. بالاترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی 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 قابل ملاحظه ای نسبت به تیمارهای دیگر حفظ می شود، مطلوب‌تر می‌باشد [36].

14-3- چربی

میزان چربی کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات خشک شدند بین 0/6-0/4% بود که کم‌ترین آن مربوط به توان 500 وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان 300 وات بود (شکل 20). از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان‌های 100 و 500 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p<0/05$). چربی نمونه با ضخامت 0/7 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات خشک‌شده بین 0/7-0/3٪ بود که کم‌ترین آن مربوط به توان 500 وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان 100 وات بود. افزایش توان منجر به اکسیداسیون چربی شده در نتیجه مقدار آن کاهش می‌یابد که این امر در نتایج موجود مشاهده می‌شود.

4- نتیجه‌گیری

کدو حلوایی دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی است. در این پژوهش به شیوه ترکیبی آبگیری اسمزی- مایکروویو ورقه‌های کدو حلوایی خشک شدند. با استفاده از نمونه‌های اسمز شده از توان‌های مختلف 100 و 300 و 500 وات به‌منظور خشک‌کردن نهایی استفاده گردید. تیمارهای اسمزی، مقاومت و سفتی بافت را کاهش داده‌اند. میزان بتاکاروتن کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر در طی فرایند خشک‌کردن توسط مایکروویو در توان‌های 100، 300 و 500 وات بین 1/9-1/6٪ می‌باشد که بیش‌ترین آن مربوط به توان 300 وات و کم‌ترین آن مربوط به توان 100 وات می‌باشد. ورقه‌های کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو با توان 100 وات نسبت به تیمارهای 300 و 500 وات تیرگی کم‌تری داشتند. بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی اختلاف قرمزی رنگ در تیمار 100 وات کم‌تر از تیمار 300 و هم‌چنین تیمار 300 وات کم‌تر از 500 وات بود. در خصوص زردی رنگ حاصل شده نمونه‌های که در 100 وات مایکروویو خشک‌شده بودند زودتر از نمونه‌های دیگر بودند. با توجه به ارزیابی کیفی محصول خشک‌شده از قبیل میزان چروکیدگی، رنگ، مواد معدنی و بتاکاروتن محصول مشخص گردید، ورقه‌های کدو حلوایی با توان 500 وات، محصولی با کیفیت بهتر تولید می‌شود؛ بنابراین خشک‌کردن توسط مایکروویو به لحاظ کاهش زمان خشک‌کردن، کاهش فضای مورد نیاز جهت خشک‌کردن میوه و افزایش کیفیت محصول نهایی می‌تواند گزینه مناسبی جهت خشک‌کردن مواد غذایی از جمله برش‌های کدو حلوایی باشد.



شکل (20) مقادیر چربی کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰،۳۰۰ و 500 وات

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

[1] Ashwini Sopan, B., Vasantrao, D.N., Ajit, S.B. (2014). Total phenolic content and antioxidant potential of cucurbita maxima (pumpkin) powder, *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, 5, 1903-1907.

[2] Bhat, M.A., Bhat, A. (2013). Study on Physico-Chemical Characteristics of Pumpkin Blended Cake, *J. Food Proc. Tech*., 4, 4-9.

[3] Hosseini Ghaboos, S.H., Seyedain Ardabili, S.M., Kashaninejad, M., Asadi, G., Aalami, M. (2016). Combined infrared-vacuum drying of pumpkin slices, *J. Food Sci. Tech*., 53, 2380-2388.

[4] Ebrahim, R.M., Kashaninezhad, M., Mirzaei, H.E., Khomeiri, M. (2009). Effect of temperature, osmotic solution concentration and mass ratio on kinetics of osmotic dehydration of button mushroom (Agaricus bisporus), *J. Agr. Sci. Nat. Resour.*, 16(1), 208-217.

[5] Germer, S.P.M., Queiroz, M.R., Aguirre, J.M., Berbari, S.A.G., Anjos, V.D. (2010). Process variables in the osmotic dehydration of sliced peaches, *Food Sci. Tech.*, 30, 940-948.

[6] Torringa, E., Esveld, E., Scheewe, I., van den Berg, R., Bartels, P. (2001). Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms, *J. Food Eng*., 49, 185-191.

[7] Sereno, A., Moreira, R., Martinez, E. (2001) Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt, *J. Food Eng*., 47, 43-49.

[8] Souti Khiabani, M., Sahari, M., Emam-Djomeh, Z. (2003). Improving the dehydration of dried peach by applying osmotic method, *Iranian J. Agr. Sci.*, 34, 283-291.

[9] Datta, A., Ni, H. (2002). Infrared and hot-air-assisted microwave heating of foods for control of surface moisture, *J. Food Eng.*, 51, 355-364.

[10] Díaz, G.R.z., Martínez-Monzó, J., Fito, P., Chiralt, A. (2003). Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying, I*nnov. Food Sci. Emerg. Tech.*, 4, 203-209.

[11] Giri, S., Prasad, S. (2007). Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms, *J. Food Eng.*, 78, 512-521.

[12] Zarein, M., Samadi, S.H., Ghobadian, B. (2015). Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices, *J Saudi Soc. Agr. Sci*., 14, 41-47.

[13] Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying, *J. Food Eng*., 48, 177-182.

[14] Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *J. Food Eng*., 48, 169-175.

[15] Esmaiili, M., Sotudeh-Gharebagh, R., Cronin, K., Mousavi, M.A.E., Rezazadeh, G. (2007). Grape drying: a review, *Food Rev. Int.*, 23, 257-280.

[16] Mayor, L., Moreira, R., Sereno, A. (2011). Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (Cucurbita pepo L.) fruits, *J. Food Eng.*, 103, 29-37.

[17] Hosseini, Z. (2006). Common Methods in Food Analysis, Shiraz University Pub.

[18] Salehi, F., Kashaninejad, M. (2014). Effect of Different Drying Methods on Rheological and Textural Properties of Balangu Seed Gum, *Drying Tech*., 32, 720-727.

[19] Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S.M., Asadi, F. (2016). Potential of Sponge Cake

Archive of SID

www.SID.ir

[29] Sahari, M., Souti, M., Emam-Jomeh, Z. (2006). Improving the dehydration of dried peach by osmotic method, *J. Food Tech.*, 4, 189-193.

[30] Salehi, F., Abbasi Shahkoh, Z., Godarzi, M. (2015). Apricot Osmotic Drying Modeling Using Genetic Algorithm - Artificial Neural Network, *J. Innov. Food Sci. Tech*., 7, 65-76.

[31] Sham, P., Scaman, C., Durance, T. (2001). Texture of vacuum microwave dehydrated apple chips as affected by calcium pretreatment, vacuum level, and apple variety, *J. Food Sci.*, 66, 1341-1347.

[32] Soysal, Y., Ayhan, Z., Eştürk, O., Arıkan, M. (2009). Intermittent microwave–convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality, *Biosys. Eng*., 103, 455-463.

[33] Nawirska, A., Figiel, A., Kucharska, A.Z., Sokół-Łętowska, A., Biesiada, A. (2009). Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods, *J. Food Eng*., 94, 14-20.

[34] Kiranoudis, C., Tsami, E., Maroulis, Z. (1997). Microwave vacuum drying kinetics of some fruits, *Drying Tech.*, 15, 2421-2440.

[35] Arslan, D., Özcan, M.M. (2008). Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves, *Energy Convers. Manage*., 49, 1258-1264.

[36] Ostadzadeh, H., Sayyed-Alangi, S.Z. (2016). Effects of drying process on qualitative and quantitative properties of watercress (*Nasturtium officinale*) leaves, *New Tech. Food*, 4, 1-16.

Making using Infrared–Hot Air Dried Carrot, *J. Texture Stud*., 47, 34-39.

[20] Salehi, F., Kashaninejad, M., Asadi, F., Najafi, A. (2016). Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom, *J. Food Sci. Tech*., 1-6.

[21] Akwaowo, E.U., Ndon, B.A., Etuk, E.U. (2000). Minerals and antinutrients in fluted pumpkin (Telfairia occidentalis Hook f.), *Food Chem*., 70, 235-240.

[22] Lozano, J., Rotstein, E., Urbicain, M. (1983). Shrinkage, porosity and bulk density of foodstuffs at changing moisture contents, *J. Food Sci.*, 48, 1497-1502.

[23] Koç, B., Eren, İ., Kaymak Ertekin, F. (2008). Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method, *J. Food Eng*., 85, 340-349.

[24] Özbek, B., Dadali, G. (2007). Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment, *J. Food Eng*., 83, 541-549.

[25] Alibas, I. (2007). Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices, *LWT-Food Sci. Tech*., 40, 1445-1451.

[26] Bisharat, G.I., Katsavou, I.D., Panagiotou, N.M., Krokida, M.K., Maroulis, Z.B. (2015). Investigation of functional properties and color changes of corn extrudates enriched with broccoli or olive paste, *Food Sci. Technol. Int*., 21, 613-630.

[27] Krokida, M.K., Tsami, E., Maroulis, Z.B. (1998) .Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables, *Drying Tech*., 16, 667-685.

[28] Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, J., Oliveira, J. (2008). Modeling dehydration and rehydration of cooked soybeans subjected to combined microwave–hot-air drying, *Innov. Food Sci. Emerg. Tech*., 9, 129-137.

Archive of SID

www.SID.ir