



ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کدو حلوایی خشک‌شده به روش ترکیبی آبگیری اسمز-مایکروویو

زهرا شریفیان^۱، سید حسین حسینی قابوس^{۲*}

۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاداسلامی آزادشهر
۲ استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاداسلامی، آزادشهر

(تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۰، تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۹)

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 ۵ و ۷ میلی‌متر، غلظت‌های محلول اسمزی ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درصد ساکاروز و در زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۸۰، ۱۵۰، ۱۲۰ دقیقه و توان‌های مختلف ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ 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 مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای اسمزی، مقاومت و سفتی بافت را کاهش داده‌اند. کم‌ترین مقدار چروکیدگی مربوط به کدو حلوایی خشک‌شده در توان ۱۰۰ وات بود (۷۱/۰۹ درصد) و اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده شد. مقدار بتاکاروتن کدو حلوایی با ضخامت ۵/۰ و ۷/۰ سانتی‌متر آبگیری شده در غلظت ۵۵ درصد بین ۳/۵-۲/۶٪ بود. از نظر نتایج آماری بررسی فیبر بین نمونه‌های خشک‌شده در توان ۱۰۰ و ۳۰۰ وات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی با نمونه خشک‌شده در توان ۵۰۰ وات اختلاف معنی‌دار داشتند. مقدار سدیم کدو حلوایی با ضخامت ۵/۰ و ۷/۰ سانتی‌متر خشک‌شده در توان ۱۰۰ وات در مایکروویو بین ۰/۰۱-۰/۰۲٪ می‌باشد. مقدار کلسیم کدو حلوایی با ضخامت ۵/۰ سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات خشک شدند بین ۱/۰۵-۱/۰۸٪ بود. ورقه‌های کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو با توان ۱۰۰ وات نسبت به تیمارهای ۳۰۰ و ۵۰۰ وات تیرگی کم‌تری داشتند. در مجموع زمان ۱۵۰ دقیقه برای فرایند اسمز و توان ۵۰۰ وات برای خشک‌کن مایکروویو انتخاب شد.

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

* نویسنده مسئول: Hosseinighaboos@iaiaz.ac.ir

1- مقدمه

میوه‌ها و سبزی‌ها جزء سالم‌ترین و مغذی‌ترین مواد غذایی به‌شمار می‌آیند. کدو حلوائی یک محصول جالبی مهم با ارزش غذایی بالا بوده که دارای ماندگاری بالایی است. کدو حلوائی، 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 حلوائی 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، B₆، 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 پیش‌فرایند آبدیگری اسمزی تأثیر مثبت بر حفظ رنگ، بافت و ویژگی‌های کیفی فراورده خشک‌شده دارد [4، 5].

فرایند آبدیگری 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 آبدیگری 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 (فرکانس 2450 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. قابل توجه 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 میوه‌ها 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 آبدیگری 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.

(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 $\pm 0/01$ گرم توزین شده و در آن ULM400 Memert، ساخت آلمان با دمای 103 ± 2 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 رفاکتومتر CETI، ساخت آلمان اندازه‌گیری شد [17].

2-5- آبیگری اسمزی

پس از تهیه محلول‌های اسمزی هر یک از قطعات کدو حلوائی 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، 180، 150، 120 دقیقه قرار داده شد. سپس نمونه‌ها از محلول هایپرتونیک خارج و پس از شستشوی سطحی و خشک‌کردن سطح آن توزین شدند. سپس بریکس و رطوبت نهایی نمونه‌های آبیگری 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 آبیگری اسمزی به عنوان پیش تیمار برای خشک‌کن مایکروویو در نظر گرفته شد [6].

2-6- خشک‌کردن با مایکروویو

در این مرحله ورقه‌های کدو حلوائی پیش تیمار شده در مرحله آبیگری 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

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 29-90٪ 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 حلوائی 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 5-13٪ 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 حلوائی خشک‌شده به روش ترکیبی اسمزی - مایکروویو بررسی شد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- آماده‌سازی نمونه‌ها

کدو حلوائی مورد استفاده در این پژوهش از گونه *C. Moschata* به‌صورت تازه از منطقه‌ی گلستان تهیه گردید. کدو حلوائی 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- آماده‌سازی محلول هایپرتونیک

محلول‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل محلول قندی

زمان رسم شد.

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 کج‌دال ریخته و مرحله هضم انجام شد [20].

2-11-2- خاکستر

1 گرم نمونه در بوتله چینی‌هایی با وزن ثابت توزین شد. سپس به‌منظور سوزاندن اولیه، بوتله‌های 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 بوتله‌ها 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].

2-11-4- 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 Ltd، ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد [21].

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 لایباند¹ (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 آگیری 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 حلواپی چربی شامل پروتئین، خاکستر، رطوبت، فیبر، آهن، کلسیم، پتاسیم، سدیم، کربوهیدرات، بتاکاروتن و ویتامین A سنجیده شد.

5-11-2- اندازه‌گیری بتاکاروتن**3- نتایج و بحث****3-1- چروکیدگی**

در شکل (1) تأثیر غلظت محلول اسمزی بر میزان چروکیدگی نمونه‌ها نشان داده شده 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 به دلیل 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 غلظت‌های بالاتر و زمان‌های طولانی‌تر آب‌گیری، 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 حلوائی خشک‌شده در توان 100 وات بود و با میزان 71/09 درصد چروکیدگی با اختلاف معنی‌داری نسبت به کدو حلوائی خشک‌شده در توان 300 و 500 وات، چروکیدگی کم‌تری از خود نشان داد. میزان چروکیدگی تیمارهای 300 و 500 وات به ترتیب 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 حلوائی 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 به وجود 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 نعنای توسط مایکروویو بیان کردند با افزایش قدرت خروجی مایکروویو از 180 تا 900 وات و مقدار نمونه از 25 تا 100 گرم،

پنج گرم از نمونه در 10-15 میلی‌لیتر استون به کمک دسته هاون خردشده و چند کریستال سدیم بدون آب¹ اضافه شد. مایع رویی به داخل یک بشر جدا شد. این فرایند دو بار تکرار شد و محلول‌های رویی ترکیب شده و به یک قیف جداکننده منتقل شد، پس از آن 10-15 میلی‌لیتر اتر پترولیوم اضافه شده و به خوبی مخلوط شدند و به صورت دو لایه از هم جدا درآمد. 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. بتاکاروتن با استفاده از رابطه (3) محاسبه شد [3]:

(3)

 $\beta = \text{بتاکاروتن}$ $(100 \times 100^4 \times 13/9 \times \text{غلظت نمونه}) / (560 \times 1000 \times \text{وزن نمونه})$

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

(4)

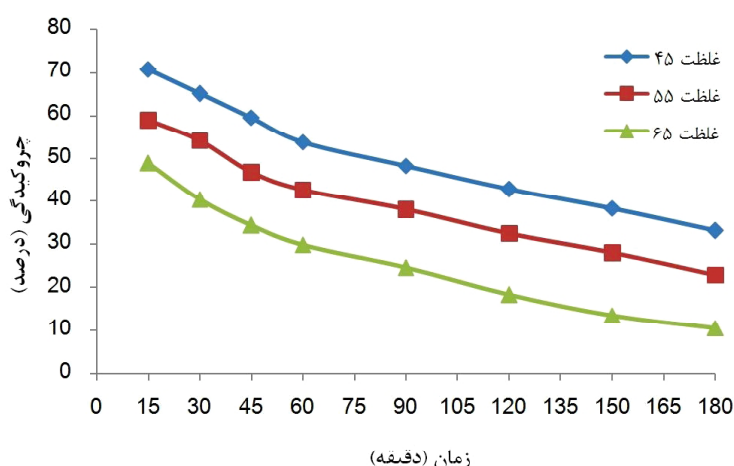
 $6/\text{بتاکاروتن} (\mu\text{g}) = \text{ویتامین A} (\mu\text{g})$ **2-11-6- اندازه‌گیری عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم**

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. به وسیله دستگاه فلیم فتومتر Corning M410، انگلستان، مقدار عناصر مذکور به دست آمد.

2-12- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایش‌ها با سه تکرار بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. نتایج به دست 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



شکل (۱) اثر غلظت محلول اسمزی بر میزان چروکیدگی

زمان خشک شدن به ترتیب از ۱۲/۵۰ تا ۳/۰ دقیقه کاهش

می‌یابد و از ۶/۶۰ تا ۱۶ 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 خشک کردن ترکیبی لایه نازک کدو با هوای داغ و مایکروویو و رطوبت ۹/۳۱ گرم (آب برگرم) با دمای خشک کن ۵۰ درجه سانتی گراد و ۷۵ درجه سانتی گراد و قدرت مایکروویو ۱۶۰ وات و ۳۵۰ وات نشان داد در روش ترکیبی ۳۵۰ وات و ۵۰ درجه سانتی گراد بهترین روش برای حفظ بیش تر رنگ و حداقل رطوبت می‌تواند باشد. رطوبت نمونه از ۹/۳۱ گرم (آب برگرم) به ۰/۱ گرم (آب برگرم) رسید [25].

۲-۳- خاکستر

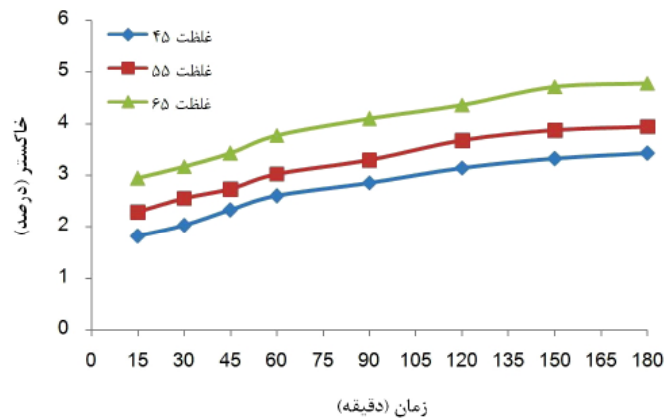
با توجه به شکل (۲) در تمامی نمونه‌ها با افزایش غلظت محلول اسمزی طی زمان خشک کردن میزان خاکستر به طور معنی داری افزایش یافته است ($p < 0/05$). این امر به دلیل است که با افزایش غلظت محلول اسمزی، درصد جذب مواد جامد افزایش یافته است.

به طور کلی باقی مانده املاح در ماده غذایی را اصطلاحاً خاکستر می‌نامند. همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود تفاوت میان مقادیر خاکستر کدو حلوائی توسط توان‌های مختلف مایکروویو ناچیز می‌باشد و اختلاف معنی داری مشاهده

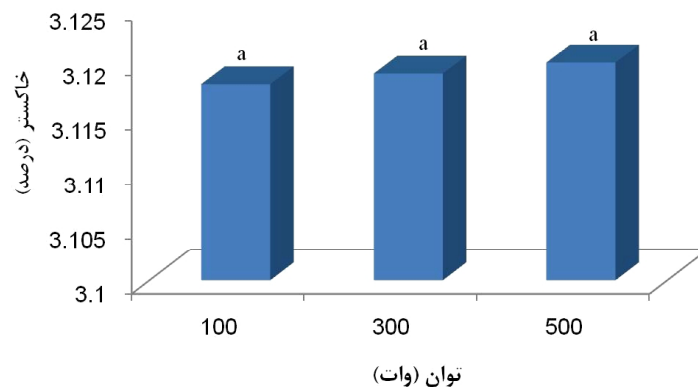
۳-۳- ارزیابی رنگ

همان طور که از نتایج شکل (۴) نشان داده می‌شود، نمونه‌های اسمز، میزان تغییرات رنگ کمتری در غلظت‌های مختلف نشان می‌دهند و این اختلاف معنی دار نمی‌باشد ($p < 0/05$). این پدیده را بدین صورت می‌توان تفسیر کرد که در مرحله خشک کردن 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 به دلیل تغییر رنگ کم تر، جذابیت بیش تری در نظر مصرف کننده، نشان داد. نتایج به دست آمده با نتایج سایر محققان در این زمینه مطابقت داشت [26، 27] چه زمان خشک کردن طولانی تر باشد شاخص قهوه‌ای شدن (ΔE) بیش تر می‌شود.

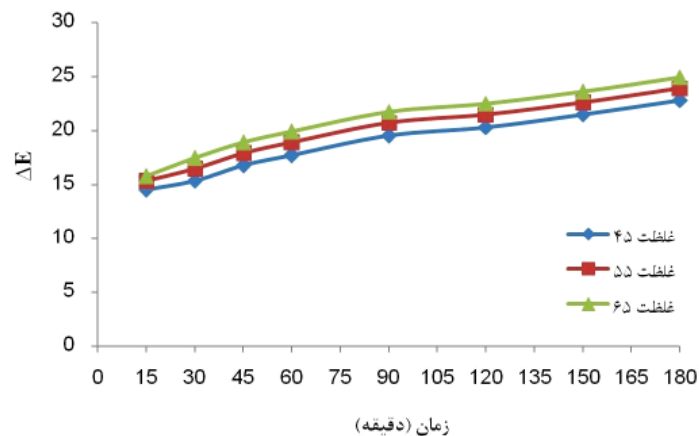
گروهی از پژوهشگران سوای پخته شده را به سه روش هوای گرم، مایکروویو و ترکیب مایکروویو-هوای گرم (جابه جایی) خشک کردند. نتایج آزمایشات آن‌ها نشان داد که سرعت خشک شدن به روش ترکیبی چهار برابر سریع تر از روش جابه جایی هوای گرم و دو برابر سریع تر از روش مایکروویو می‌باشد. زمان آگیری مجدد در روش ترکیبی ۵۰ تا ۶۰ درصد کم تر از روش هوای گرم و یا روش مایکروویو گزارش شد. هم چنین آن‌ها تغییرات رنگ را با دستگاه هانتر لب اندازه گیری کردند و تغییر در رنگ بین روش‌ها را برابر گزارش کردند [28]. شاخص تفاوت رنگ ورقه‌های کدو حلوائی بر اساس مقادیر



شکل (2) اثر غلظت محلول اسمزی بر میزان خاکستر



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



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

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 حلوائی خشک‌شده توسط مایکروویو با توان 100 وات نسبت به تیمارهای 300 و 500

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

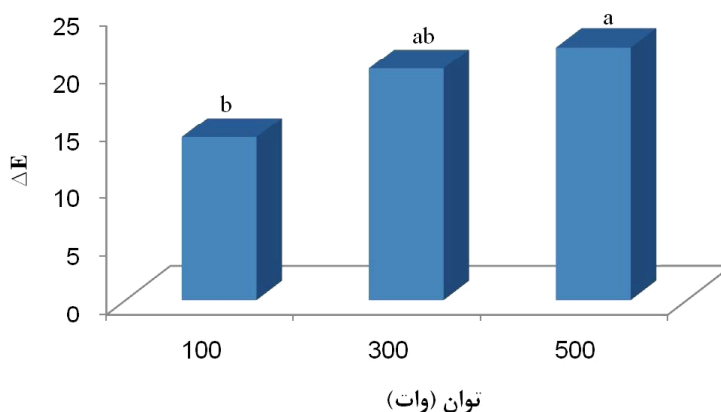
هم‌چنین تیمار 300 وات کم‌تر از 500 وات بود. در خصوص زردی رنگ حاصل شده نمونه‌های که در 100 وات مایکروویو خشک‌شده بودند زردتر از نمونه‌های دیگر بودند (شکل 8)، همان‌طور که در شکل (8) مشاهده می‌شود، توان‌های مختلف مایکروویو بر میزان زردی محصول تأثیر معنی‌داری داشتند ($p < 0/05$). به‌کارگیری انرژی مایکروویو در شرایطی که موجب افزایش حجم نمونه‌ها شود، ویژگی‌های رنگی آن‌ها را نیز بهبود می‌بخشد که علت حجم 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

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

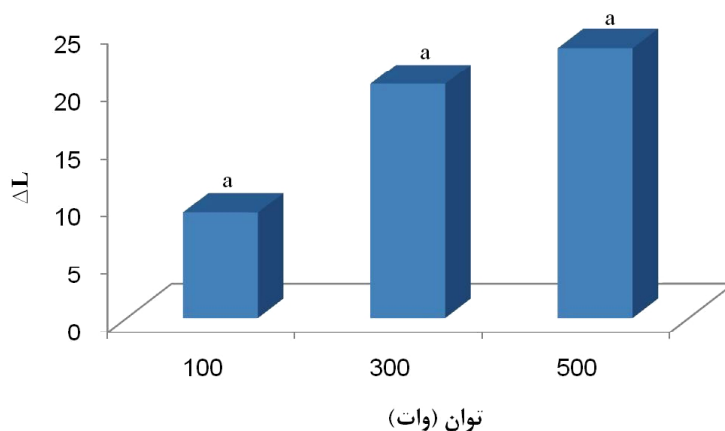
در پژوهشی تغییرات رنگ و ویژگی‌های ساختمانی نازک سیب واریته گلدن دلشس¹ پس از فرایند خشک‌کردن با استفاده از روش‌های هوای داغ و مایکروویو مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ویژگی‌های رنگی نشان داد که بعد از اعمال انرژی مایکروویو، شاخص‌های اختلاف رنگ و قهوه‌ای شدن در نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت [12].

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

1. Golden Delicious



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

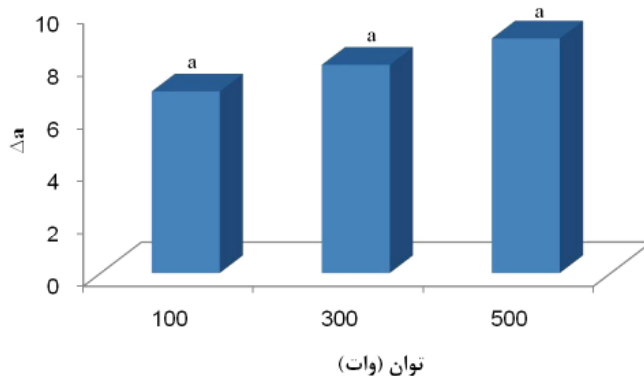


شکل (6) تغییرات ΔL برای ورقه‌های کدو حلوائی خشک‌شده با توان‌های مختلف مایکروویو

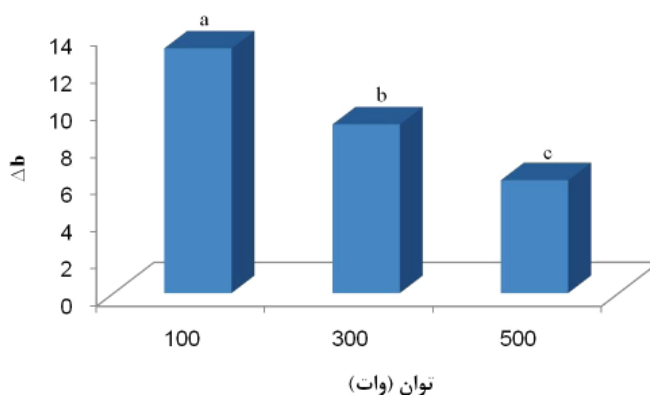
(25 و 45 درجه سانتی‌گراد) و زمان (30 و 60 دقیقه) معین شستشو داده و پس از حذف آب سطحی، با روش میکروویو (در دو توان 270 و 450 وات) و روش جریان هوای گرم (روش جابه‌جایی) در دمای 50 درجه سانتی‌گراد خشک نمودند. نتایج نشان داد که روش خشک‌کردن نهایی، رنگ محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین استفاده از روش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



شکل (7) تغییرات Δa برای ورقه‌های کدو حلوائی خشک‌شده با توان‌های مختلف میکروویو



شکل (8) تغییرات Δb برای ورقه‌های کدو حلوائی خشک‌شده با توان‌های مختلف میکروویو

بتاکاروتن کدو حلوائی 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 حلوائی 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 حلوائی 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 حلوائی را خشک‌کردند. چروک‌خوردگی، دانسیته توده‌ای، رنگ و درصد کاروتنوئید برش‌های 12 رقم کدو حلوائی 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].

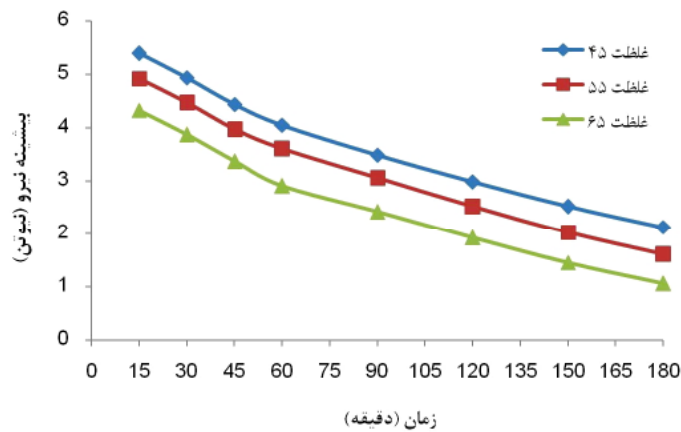
با توجه به این شکل، مقدار بتاکاروتن کدو حلوائی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در غلظت 55 درصد بین 3/5-2/6٪ می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/7 سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/5 سانتی‌متر می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده توسط اسمز با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر غلظت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

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.

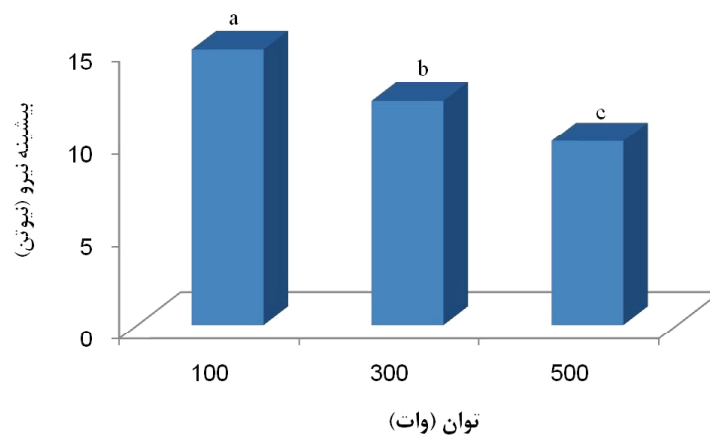
محققان تأثیر پیش تیمار کلسیم، میزان خلأ و وارپته سیب را بر خصوصیات بافتی چیپس سیب تولیدشده به دو روش خشک‌کن هوای داغ و مایکروویو تحت خلأ بررسی نمودند. برش‌های سیب در محلول 1-2 درصد کلسیم کلرید غوطه‌ور شده سپس وارد فرایند شد. با بررسی داده‌های آزمایشگاهی و آنالیز محصول تولیدی به این نتیجه رسیدند که چیپس‌های 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

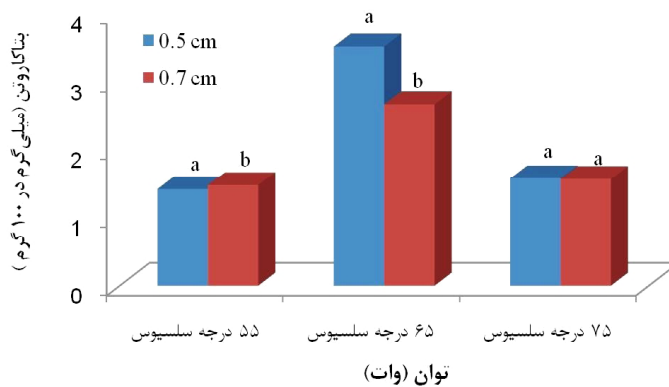
همان‌طور که در جدول (1) ملاحظه می‌گردد میزان



شکل (9) اثر غلظت محلول اسمزی بر پیشینه نیرو



شکل (10) اثر پیشینه نیرو بر ورقه‌های کدوخلوایی خشک‌شده با توان‌های مختلف مایکروویو



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

جدول (1) نتایج آنالیز آماری میزان بتاکاروتن کدوخلوایی.

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

در توان‌های 100، 300 و 500 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p < 0/05$).

8-3- آهن

شکل (14) ملاحظه می‌گردد مقدار آهن کدو حلواپی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در توان 100 وات در میکروویو بین 28/1-32/8 ppm 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 آن با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر در توان 100 وات اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p < 0/05$). مقدار آهن کدو حلواپی با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر خشک‌شده در توان 500 وات در میکروویو بین 36/4-39/4 ppm 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 آن 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 حلواپی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های 100، 300 و 500 وات خشک شدند بین 4/5-6/06٪ 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 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 کدوتنبیل ماکسیما به روش خشک‌کن همرفتی مطابقت نداشت. آن‌ها در تحقیقات خود اختلاف معنی‌داری در مقدار فیبر کدوتنبیل خشک‌شده در دماهای مختلف مشاهده نکردند.

10-3- فسفر

همان‌طور که در شکل (16) ملاحظه می‌گردد میزان فسفر

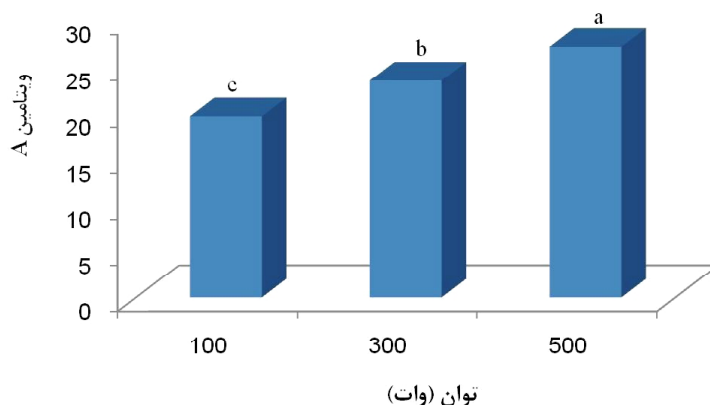
65 اسمز بین 1/5-1/6٪ می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/7 سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت 0/5 سانتی‌متر می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده توسط اسمز با ضخامت 0/5 و 0/7 سانتی‌متر در غلظت 65 اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

6-3- ویتامین A

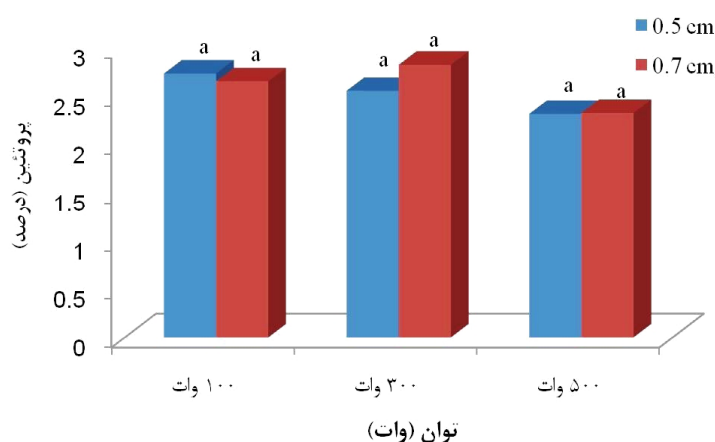
همان‌طور که در شکل (12) مشاهده می‌شود با افزایش توان ماکروویو میزان ویتامین A در کدو حلواپی افزایش یافته است و بین غلظت‌های مختلف استفاده شده تغییر معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0/05$). چرا که در توان‌های بالا، با وجود شدت حرارتی زیاد مدت زمان کوتاه‌تری برای خشک‌کردن نیاز دارند. در نتیجه انرژی کم‌تری به داخل کدو حلواپی نفوذ کرده و بیش‌تر سطح تحت تأثیر فرار می‌دهد؛ بنابراین می‌توان گفت که در توان‌های بالای ماکروویو ویتامین A کم‌تری تجزیه شده است. پژوهشگران در خشک‌کردن برگه گلایی با آن و ماکروویو بیان کردند با افزایش دمای آن و توان ماکروویو مقدار قند کل افزایش و اسید آسکوربیک کاهش می‌یابد. میزان اتلاف اسید آسکوربیک در خشک‌کردن با ماکروویو در مقایسه با آن کم‌تر بود. در خشک‌کردن ماکروویو زمان لازم برای رسیدن به رطوبت نهایی مورد نظر کاهش یافت؛ و در نهایت خشک‌کردن با ماکروویو در مقایسه با آن نتایج بهتری را نشان داد [34].

7-3- پروتئین

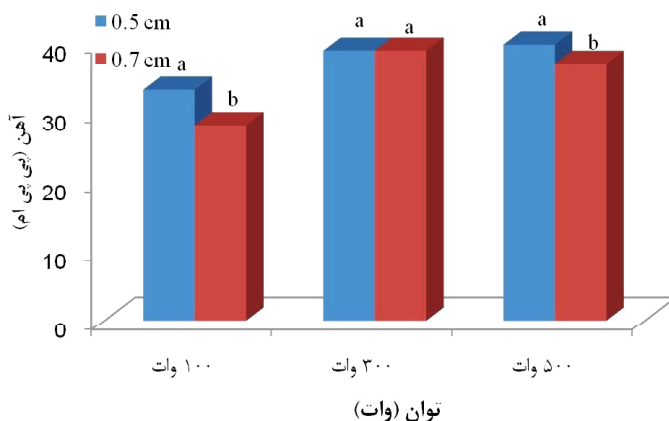
همان‌طور که در شکل (13) ملاحظه می‌گردد میزان پروتئین کدو حلواپی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های 100، 300 و 500 وات خشک شدند بین 2/3-2/7٪ بود که کم‌ترین آن مربوط به توان 500 وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان 100 وات بود. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان‌های 100، 300 و 500 وات اختلاف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



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

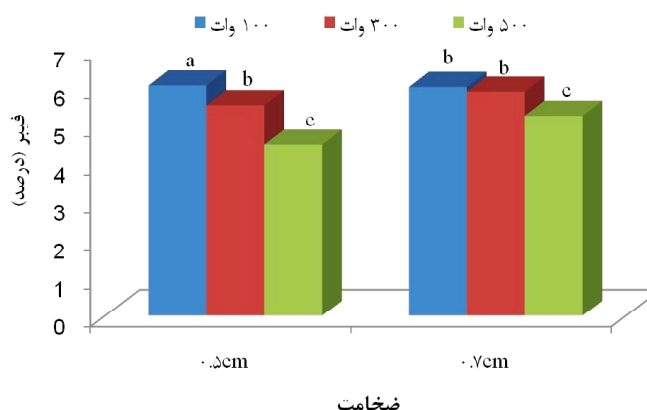


شکل (13) مقادیر پروتئین کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های 100، 300 و 500 وات

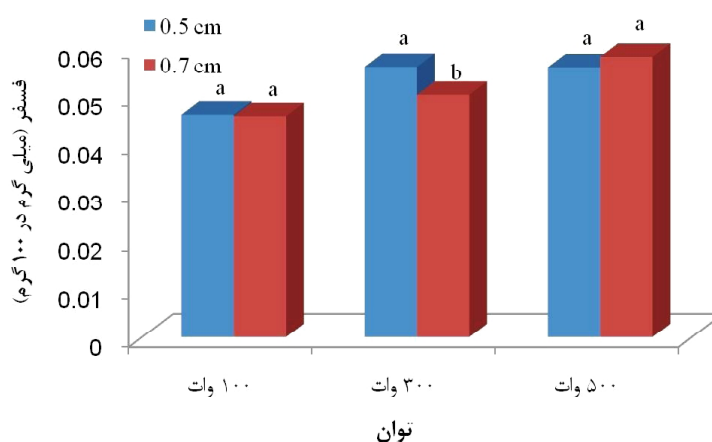


شکل (14) مقایسه مقدار آهن بین ضخامت‌های 0/5 و 0/7 سانتی‌متر کدو حلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های 100، 300 و 500 وات

کدو حلوایی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های 100، 300 و 500 وات خشک شدند بین 0/04-0/05 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 100، 300 و 500 وات خشک شدند بین 0/04-0/05 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



شکل (۱۵) مقادیر فیبر کدوخلوایی خشک‌شده توسط آون در توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات در مایکروویو



شکل (۱۶) مقادیر فسفر کدوخلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات

کدوخلوایی با ضخامت ۰/۵ و ۰/۷ سانتی‌متر خشک‌شده در توان ۳۰۰ وات در مایکروویو بین ۰/۰۰۲-۰/۰۲۱٪ می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت ۰/۷ سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر می‌باشد.

۱۲-۳- پتاسیم

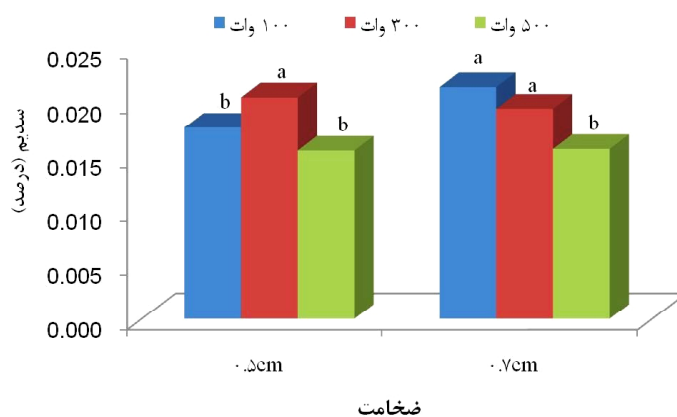
همان‌طور که در شکل (۱۸) ملاحظه می‌گردد میزان پتاسیم کدوخلوایی با ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات خشک شدند حدود ۲۰۶-۲۰۷mg /100g بود که کم‌ترین آن مربوط به در توان ۵۰۰ وات و بیش‌ترین آن مربوط به در توان ۳۰۰ وات بود. میزان پتاسیم کدوخلوایی با ضخامت ۰/۷ سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات خشک شدند حدود ۲۲۱-۲۰۷mg /100g بود که کم‌ترین آن مربوط به در توان ۵۰۰ وات و بیش‌ترین آن مربوط به در توان ۳۰۰ وات بود.

در توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p < 0/05$).

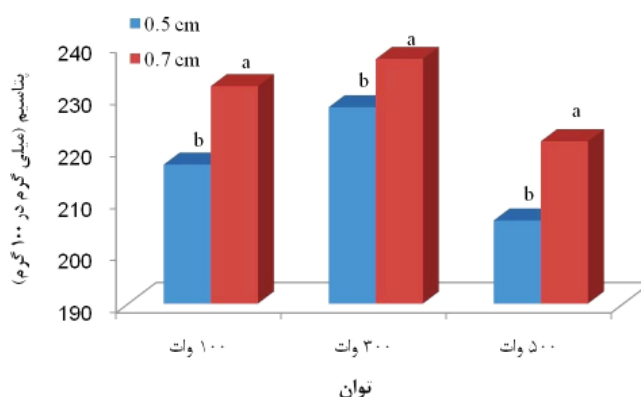
ارسالان و همکاران اثر روش‌های خشک‌کردن بر محتوای املاح ریحان را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آنان نشان داد میزان فسفر در نمونه خشک‌شده با آون بیش‌تر از تیمار خشک‌شده با آفتاب بود [۳۵].

۱۱-۳- سدیم

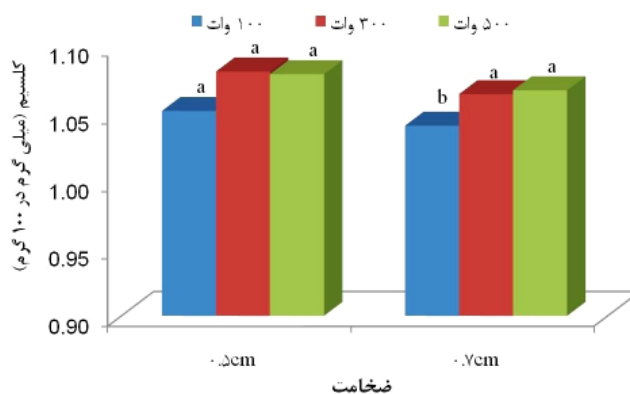
در شکل (۱۷) ملاحظه می‌گردد مقدار سدیم کدوخلوایی با ضخامت ۰/۵ و ۰/۷ سانتی‌متر خشک‌شده در توان ۱۰۰ وات در مایکروویو بین ۰/۰۰۱-۰/۰۰۲٪ می‌باشد که کم‌ترین آن مربوط به ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر و بیش‌ترین آن مربوط به ضخامت ۰/۷ سانتی‌متر می‌باشد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در مایکروویو با ضخامت ۰/۵ و ۰/۷ سانتی‌متر در توان ۱۰۰ وات اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. مقدار سدیم



شکل (17) مقادیر سدیم کدوخلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات



شکل (18) مقادیر پتاسیم کدوخلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات



شکل (19) مقادیر کلسیم کدوخلوایی خشک‌شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات

13-3- کلسیم

توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات مشاهده شد. از لحاظ نتایج آماری بین نمونه‌های خشک‌شده در توان‌های ۳۰۰ و ۵۰۰ وات اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی با نمونه خشک‌شده در توان ۱۰۰ وات اختلاف معنی‌دار داشتند ($p < 0/05$). استادزاده و سید النگی اثر روش‌های مختلف خشک کردن شامل روش آفتابی، هوای داغ و مایکروویو بر ویژگی‌های کمی

مقدار کلسیم کدوخلوایی با ضخامت ۵/۰ سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات خشک شدند بین ۱/۰۵-۱/۰۸٪ بود که کم‌ترین آن مربوط به توان ۱۰۰ وات و بیش‌ترین آن مربوط به توان ۳۰۰ وات بود (شکل ۱۹). از لحاظ نتایج آماری اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های خشک‌شده در

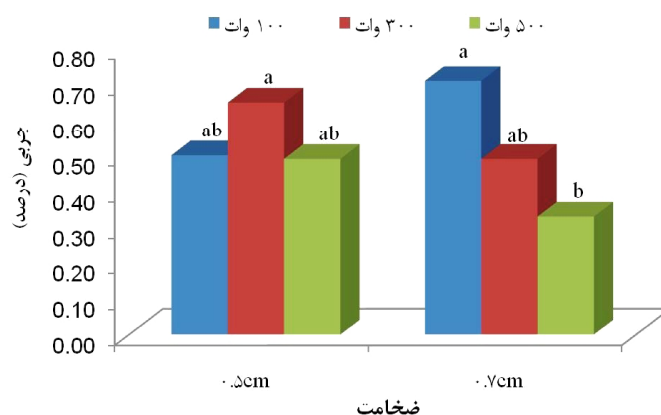
4- نتیجه‌گیری

کدو حلوائی دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی است. در این پژوهش به شیوه ترکیبی آگیری اسمزی-مایکروویو ورقه‌های کدو حلوائی خشک شدند. با استفاده از نمونه‌های اسمز شده از توان‌های مختلف 100 و 300 و 500 وات به منظور خشک کردن نهایی استفاده گردید. تیمارهای اسمزی، مقاومت و سفتی بافت را کاهش داده‌اند. میزان بتاکاروتن کدو حلوائی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر در طی فرایند خشک کردن 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 حلوائی خشک شده 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 خشک شده بودند زودتر از نمونه‌های دیگر بودند. با توجه به ارزیابی کیفی محصول خشک شده از قبیل میزان چروکیدگی، رنگ، مواد معدنی و بتاکاروتن محصول مشخص گردید، ورقه‌های کدو حلوائی با توان 500 وات، محصولی با کیفیت بهتر تولید می‌شود؛ بنابراین خشک کردن توسط مایکروویو به لحاظ کاهش زمان خشک کردن، کاهش فضای مورد نیاز جهت خشک کردن میوه و افزایش کیفیت محصول نهایی می‌تواند گزینه مناسبی جهت خشک کردن مواد غذایی از جمله برش‌های کدو حلوائی باشد.

و کیفی گیاه علف چشمه شامل افت رطوبت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقادیر ویتامین ث، فسفر، کلسیم و آهن را بررسی نمودند. به طور 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 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 به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به تیمارهای دیگر حفظ می‌شود، مطلوب‌تر می‌باشد [36].

3-14- چربی

میزان چربی کدو حلوائی با ضخامت 0/5 سانتی‌متر که تحت توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات خشک شدند بین 0/4-0/6٪ 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 خشک شده 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 ۵۰۰ وات خشک شده بین 0/3-0/7٪ 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.



شکل (20) مقادیر چربی کدو حلوائی خشک شده توسط مایکروویو در توان‌های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ وات

منابع

ed 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, *Innov. 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] Esmaili, 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 [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., Barbieri, 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 pretreatment 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-assist-

- [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.