بررسی اثر خشک‌کردن به روش میکروویو تناوبی بر شاخص‌های کیفی پسته

علی‌ماشاءاله کرمانی[۱*] و هما بهمدی

۱*– استادیار گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، a_m_kermani@yahoo.com
۲– مربی پژوهشی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج

چکیده

در این تحقیق اثر خشک کردن سه رقم پسته قزوینی به روش میکروویو تناوبی بر ویژگی‌های کیفی شیمیایی پسته شامل تغییرات پروتئین، چربی و عدد پراکسید و ویژگی‌های خندانی و بافتی و رنگ و چشایی مورد بررسی قرار گرفت و با روش سنتی مقایسه گردید. سه رقم پسته قرمز بوئین زهرا، کال خندان و کله بزی توسط دستگاه میکروویو خانگی با حداکثر توان خروجی ۸۰۰ وات در فرکانس لامپ مگنترون ۲۴۵۰ MHz در سه وزن مختلف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم به صورت تناوبی (۶ ثانیه روشن و ۷۰ ثانیه خاموش) با سه تکرار خشک شدند. همچنین نمونه‌هایی به روش سنتی و در مقابل آفتاب (تیمار شاهد) خشک شدند. نتایج بررسی عدد خندانی نشان داد که تیمار خشک‌کردن به روش آفتابی بزرگ‌ترین عدد را به خود اختصاص داد. نتایج مقایسه میانگین مقادیر بافت‌سنجی مغز پسته نشان داد نیروی نفوذ بافت مغز تیمارهای خشک‌کردن به روش میکروویو با هم تفاوتی نداشتند، لکن به طور معنی‌داری نسبت به روش آفتابی بزرگ‌تر بود. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش وزن نمونه در خشک‌کردن به روش میکروویو سفتی بافت کاهش یافت. نتایج بررسی ویژگی‌های شیمیایی نتایج نشان داد که فرآیند خشک شدن به روش میکروویو بر مقدار چربی و پروتئین نمونه‌ها معنی‌دار نبود. لکن اثر تیمارهای فرآیند میکروویو مختلف بر اسیدیته ارقام پسته قزوینی تفاوت مختصری بین نمونه شاهد و نمونه‌های خشک شده به روش میکروویو مشاهده شد که این اثر در سطح ۱٪ معنی‌دار نبود. اثر تیمارهای فرآیندی مختلف بر پراکسید پسته نشان داد که نمونه شاهد و نمونه تیمار میکروویو۵۰ گرمی از نظر مقدار پراکسید مشابه بوده‌اند و با افزایش مقدار نمونه باعث کاهش معنی‌دار پراکسید شد. بر اساس بررسی‌های ویژگی‌های حسی بین تیمارهای مختلف میکروویو تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: پسته قزوینی، خشک‌کردن، شاخص‌های شیمیایی، شاخص‌های کیفی، میکروویو

مقدمه

یکی از مهم‌ترین مراحل فرآوری پسته، مرحلهٔ خشک‌کردن است که در آن رطوبت محصول از حدود ۵۰ درصد به ۴–۶ درصد (بر پایهٔ خشک) کاسته می‌شود و قابلیت انبارداری آن افزایش می‌یابد (Kader *et al.*, 1982). تسریع در فرآوری بعد از برداشت پسته به ویژه عملیات پوست‌گیری و خشک‌کردن از اهمیت بالایی در کیفیت آن بر خوردار است. بهینه‌سازی مراحل مختلف

فرآوری پسته نقش قابل توجهی در دستیابی به کیفیت مطلوب، افزایش صادرات و درآمد ارزی کشور دارد (رفیعی و کاشانی‌نژاد، ۱۳۸۴). فرآیند خشک‌کردن تأثیر قابل توجهی بر کیفیت محصول خشک‌شده و قیمت آن دارد. چنانچه این مرحله به خوبی انجام نگیرد و عوامل مؤثر در خشک‌کردن (دما، سرعت جریان و رطوبت نسبی هوا) به طور صحیح کنترل نشود علاوه بر کاهش کیفیت محصول نهایی، شرایط برای فعالیت کپک‌های تولیدکننده سم آفلاتوکسین[1] مهیا شده و میزان آلودگی آن افزایش می‌یابد. استاندارد پسته ایران متذکر می‌گردد که پستهٔ خشک به پسته‌ای گفته می‌شود که رطوبت آن حداکثر ۶ درصد باشد. همچنین میزان عدد پراکسید مجاز روغن استخراجی در پسته‌های فرآوری شده حداکثر ۱ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم باشد (بی‌نام، ۱۳۷۸).

توکلی‌پور و همکاران (۱۳۸۷) با انجام تحقیقی بر روی خشک‌کردن پسته رقم عباسعلی بوسیلهٔ هوای گرم در دمای ۴۰ تا ۷۰ درجه سلسیوس دریافت که اثر تغییرات دما بر مقدار پروتئین و چربی پسته معنی‌دار نیست، لیکن افزایش دما بر روی بالا رفتن عدد پراکسید معنی‌دار می‌باشد.

در تحقیقی نتایج بررسی اثرات دما در دو سطح ۶۰ و ۷۵ درجهٔ سلسیوس و ضخامت محصول در دو سطح ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر بر خشک‌شدن پسته در خشک‌کن صندوقی – از انواع رایج در ترمینال‌های ضبط پستهٔ رفسنجان– نشان داد که از نظر ظاهری رنگ و شکل بین پسته‌های خشک‌شده یک گونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید، لکن از نظر طعم بین پسته‌های خشک‌شده یک گونه در دماهای مختلف اختلاف معنی‌دار بود (گازر و همکاران، ۱۳۸۳). همچنین نتایج بررسی اثر دما در سه سطح ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه سلسیوس و سرعت جابجایی هوای خشک‌کن (در سه سطح ۱/۵، ۲ و ۲/۵ متر بر ثانیه) بر زمان خشک‌کردن و شاخص‌های کیفی شیمیایی دو رقم پسته کله‌قوچی و فندقی نشان داد اثر دما و سرعت هوای خشک‌کن بر مقدار پروتئین و چربی غیرمعنی‌دار بود. افزایش دما مقدار عدد پراکسید را افزایش داد و طعم پسته‌های خشک‌شده در دمای ۷۵ درجه سلسیوس نزد مصرف‌کنندگان مقبولیت بیشتری برخوردار بود (گازر و مینایی، ۱۳۸۱). در تحقیقی تأثیر متغیرهای خشک‌کردن بر خصوصیات کیفی پسته رقم اوحدی مطالعه شد (کاشانی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۴). اثر چهار نوع دستگاه خشک‌کن رایج در استان کرمان شامل خشک‌کن‌های واگنی وعده‌ای، خشک‌کن جریان متقاطع پیوسته، استوانه‌ای وعده‌ای و استوانه‌ای پیوسته بر صفات کیفی پسته مورد بررسی مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد و کیفیت محصول تولیدی از انواع مختلف خشک‌کن‌ها تفاوت معنی‌داری با هم داشت (رستمی و میردامادیها، ۱۳۸۳).

نیاز به خشک‌کن‌های جدید که از نظر اقتصادی کارآمد باشند به شدت احساس می‌شود. خشک‌کردن محصولات غذایی با استفاده از میکروویو می‌تواند جایگزین مناسبی برای خشک‌کن‌های هوای گرم باشد. بر خلاف سامانه‌های گرمایشی رایج، امواج میکروویو در غذا نفوذ کرده و گرمایش در سراسر ماده غذایی گسترش می‌یابد. چرخش دو قطبی مکانیسم تولید گرما در موادی که در میدان میکروویو قرار می‌گیرد توضیح می‌دهد. مواد غذایی حاوی مولکول‌های قطبی آب هستند. این مولکول‌ها عموماً دارای جهت‌گیری تصادفی می‌باشند اما هنگامی که در میدان الکتریکی اعمال می‌شود مولکول‌ها خودشان را با قطبیت میدان هم جهت

[1]. Aflatoxin

می‌کنند. به عبارت دیگر در یک میدان میکروویو، قطبیت با سرعت فرکانس امواج (۲۴۵۰۰۰۰ بار در ثانیه) تغییر می‌کند. در نتیجه مولکول‌های قطبی دوران می‌کنند تا در راستای قطبیتی که به سرعت در حال تغییر است قرار گیرند. این چرخش مولکول‌ها منجر به ایجاد اصطکاک با محیط اطراف و تولید گرما می‌شود (Schiffimann, 1992). در خشک‌کن‌های هوای گرم به دلیل پائین بودن هدایت حرارتی مواد، انتقال حرارت به قسمت‌های داخلی آن محدود شده است، راندمان انرژی حرارتی پائین آمده، مدت زمان طولانی‌تری برای خشک‌کردن لازم است. امروزه کاربردهای میکروویو در خشک‌کردن، گستره وسیعی از صنایع غذایی، شیمیایی، اتومبیل‌سازی و غیره را در بر می‌گیرد. در هر یک از این موارد سیستم‌های خشک‌کردن میکروویو زمان خشک‌کردن را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داده است بدون این که اثر منفی بر کیفیت محصول داشته باشد. در خشک‌کردن به روش میکروویو، گرمای حاصل از تبدیل انرژی امواج میکروویو به انرژی حرارتی در درون مواد مرطوب، فشار و دمای مطلوب را برای خشک‌کردن سریع فراهم می‌کند. کاهش زمان فرآوری (خشک‌کردن) به میزان قابل توجهی هزینه‌های تولید برخی محصولات را کاهش داده است. گرمایش ناشی از نفوذ مایکروویو و کاهش هزینه‌های فرآیند، مایکروویو را به منبع جذاب انرژی حرارتی تبدیل نموده است (میرنظامی ضیابری و همکاران، ۱۳۷۵) و تحقیقات متنوعی در خصوص بکارگیری آن در سامانه‌های خشک‌کن در حال انجام است. خشک‌کردن سریع ممکن است ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی از جمله فعالیت آنزیمی، میکروبی، سفتی، رنگ و طعم را تحت تأثیر قرار دهد (Barbosa- Canavas and Veca-Mercado, 1996). به منظور بهبود کیفیت محصول خشک‌شده به روش میکروویو راهبردهایی شامل روش‌های ترکیبی با هوای داغ، خلاء و تناوبی (پالسی یا نوبه‌ای[1]) استفاده شده است (Gunasekaran,1999).

عسکری و همکاران (۱۳۸۴) در پژوهشی اثر خشک‌کردن با هوای داغ و انرژی مایکروویو بر ساختار میکروسکوپی و بافت برش‌های نازک سیب زرد لبنانی که با استفاده از مواد متفاوت پوشش داده شده بود را مطالعه کردند. آنان گزارش نمودند که در روش خشک‌کردن با میکروویو، محصولی با بافت حجیم و متخلخل بدست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از انرژی میکروویو موجب افزایش ظرفیت جذب مجدد آب شده اما در مقابل از استحکام بافت کاسته است که هر دوی این پدیده‌ها در نتیجه بوجود آمدن فضاهای بین سلولی و بروز گسستگی در دیواره سلول‌ها است.

مظلومی و همکاران (۱۳۸۶) طی پژوهشی روش‌های خشک‌کردن زعفران به کمک خلاء، انجماد، مایکروویو و خورشید را با روش خشک‌کردن سنتی مقایسه نمودند. نتایج مطالعات آنان نشان داد که هرچند که از نظر عامل مولد عطر بین روش خشک‌کردن با مایکروویو و روش سنتی تفاوتی وجود نداشته ولی از نظر عامل مولد رنگ روش خشک‌کردن با مایکروویو به‌طور معنی‌داری از روش سنتی بهتر است.

در تحقیقی مدت زمان کل فرآیند، رنگ و طعم حبه‌های سیر خشک شده به دو روش هوای داغ و روش ترکیبی میکروویو ــ هوای داغ مورد بررسی قرار گرفت (Sharma and Prasad, 2001). نتایج نشان داد که روش ترکیبی منتج به کاهش زمان

[1]. Pulsed or intermittent

خشک‌کردن تا حدود ۹۰–۸۰ درصد در مقایسه با روش مرسوم هوای داغ شده است. کیفیت محصول نهایی روش ترکیبی نیز عالی گزارش شد.

خشک‌کردن جعفری با استفاده از یک اجاق میکروویو خانگی به منظور بررسی زمان خشک‌کردن و از جنبه‌های انرژی مطالعه شد. آزمایش‌های خشک‌کردن در شش مقدار وزنی مختلف جعفری در محدودهٔ ۶۴/۳۰ تا ۱۲۸/۵۷ گرم در دوره‌های ۹ ثانیه روشن/ ۹ ثانیه خاموش اجاق میکروویو با توان خروجی ۹۰۰ وات انجام گرفت (Soysal *et al.*, 2006).

با توجه به ارزش زمان در فرآوری پسته در جلوگیری از گسترش آلودگی احتمالی، زمان‌بر بودن و مصرف انرژی فرآیند خشک‌کردن و نقشی که در حفظ کیفیت محصول ایفا می‌کند، ارزیابی دستگاه‌ها و روش‌های مختلف خشک‌کردن در راستای تولید محصول با کیفیت بالا ضروری است. امروزه استفاده از روش‌های مختلف و کم مصرف از نظر انرژی و مدت زمان کم دارای اهمیت است. در حال حاضر برخی سازندگان داخلی سازندهٔ خشک‌کن‌هایی هست که دارای تکنولوژی میکروویو است، که بررسی و ارزیابی این روش برای کیفیت پسته در پذیرش آن می‌تواند مؤثر باشد. از این‌رو، هدف از انجام این تحقیق بررسی و ارزیابی روش خشک‌کردن پسته ارقام قزوینی به روش میکروویو بر ویژگی‌های کیفی شامل تغییرات شاخص‌های شیمیایی مغز، خصوصیات فیزیکی (خندانی، رنگ و سفتی بافت مغز) و طعم (حسی) بوده است. در این بررسی روش مذکور با روش سنتیِ خشک‌کردن در مقابل آفتاب (تیمار شاهد) مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق سه رقم پستهٔ قزوینی شامل ارقام کال‌خندان، کله‌بزی و قرمز که دارای بیشترین سطح زیر کشت هستند، برای آزمایش‌ها انتخاب شدند. پسته‌ها از باغی در شهرستان بوئین‌زهرا برداشت شد. نمونه‌های پسته‌ها در سه وزن مختلف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرمی توسط دستگاه اجاق میکروویو خانگی سانی[1] مدل SMV-2 با حداکثر توان خروجی ۸۰۰ وات در فرکانس لامپ مگنترون ۲۴۵۰ MHz خشک شدند. ابعاد محفظهٔ قرارگیری نمونه اجاق میکروویو ۲۹۵×۳۶۵×۴۵۸ mm بود. اجاق مورد استفاده دارای یک فن (پنکه) برای جریان هوا در محفظه و خنک کردن لامپ مگنترون بود. رطوبت درون محفظه توسط این فن از طریق روزنه‌های سمت سقف دیوارهٔ اجاق به هوای نیرون جابجا می‌شد. درون محفظهٔ اجاق مورد نظر یک صفحهٔ چرخان شیشه‌ای به قطر ۳۵۵ mm وجود داشت. از طریق پنل کنترل دیجیتالی تنظیمات توان خروجی و زمان حرارت‌دهی انجام می‌شد. آزمایش‌های خشک‌کردن به روش میکروویو برای هر تیمار در سه تکرار انجام گرفت. خشک کردن نمونه‌ها توسط دستگاه میکروویو به صورت دوره‌ای (متناوب) انجام شد. مدت زمان روشن شدن دستگاه ۶ ثانیه و مدت زمان خاموش بودن آن ۷۰ ثانیه بود. در هر آزمایش با توجه به میزان رطوبت اولیه و وزن نمونه‌ها فرآیند تا رسیدن رطوبت به سطح حدود ۶٪ بر پایهٔ تر ادامه می‌یافت. نمونه‌هایی از هر رقم به روش سنتی و در مقابل آفتاب به عنوان تیمار شاهد خشک شدند. برای هر تیمار پارامترهای زیر مورد بررسی قرار می‌گرفت

[1]. Sunny

۱- میزان (عدد) خندانی دانه‌های پسته، ۲- سفتی مغز، ۳- میزان چربی، ۴- پروتئین، ۵- عدد پراکسید و ۶- ویژگی‌های ظاهری و حسی (طعم).

یکی از پارامترهای ظاهری و مطلوب پسته خندانی آن است. در این تحقیق برای هر تیمار بعد از خشک‌کردن میزان باز بودن دهانهٔ پوسته تعداد ۴۰ دانهٔ پستهٔ به طور تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری و توسط رابطهٔ ۱ میزان خندانی تعیین شد.

$$\text{عدد خندانی} = \frac{\sum_1^n X_i}{n} \qquad (۱)$$

که در آن: X = میزان باز بودن دهانه هر دانه پسته، میلی‌متر، n = تعداد دانه‌های نمونه‌گیری.

سفتی مغز پسته تیمارهای مختلف از طریق نفوذسنجی یک میلهٔ استوانه‌ای به قطر ۳/۲ میلی‌متر (Kader *et al.*, 1982) با دستگاه بافت‌سنج یونیورسال Hounsfield ساخت انگلستان مدل H5K-s تعیین شد. نیروسنج[1] به کار رفته ۵۰۰ نیوتن، سرعت نفوذ پروب ۱/۲۴ میلی‌متر در دقیقه و عمق نفوذ ۳ میلی‌متر بود. برای هر تیمار ۵ تکرار انجام شد. مقادیر نیرو در نقطه تسلیم[2] و حداکثر نیرو[3] ثبت شده در آزمون نفوذسنجی گزارش شد.

ویژگی‌هایی شیمیایی پسته شامل پارامترهای میزان چربی، پروتئین و عدد پراکسید تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار پروتئین دانه‌های پسته از روش ماکروکجلدال استفاده شد. اصول کار این روش بر اساس تعیین مقدار ازت کل در نمونهٔ مورد آزمایش و با در نظر گرفتن ضریب پروتئین معادل ۵/۳۰ محاسبه شد (پروانه، ۱۳۹۰). تعیین مقدار روغن (چربی) بر اساس عمل استخراج مواد محلول در هگزان به طریقه استخراج مداوم با دستگاه سوکسله و تبخیر حلال و سپس توزین چربی باقیمانده انجام شد (بی نام، ۱۳۸۷). میزان پراکسید مطابق روش AOAC (۱۹۹۹) شماره ۳۳-۹۶۵ تعیین شد. اسیدیته مطابق استاندارد شماره ۴۹۳ ایران تعیین گردید (بی‌نام، ۱۳۸۳). برای استخراج روغن از روش استخراج سرد با حلال هگزان استفاده شد.

به این منظور ارزیابی حسی نمونه‌ها از گروه ارزیاب حسی آموزش دیده مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی استفاده شد که در پروژه‌های گذشته طی آزمون‌های مختلف و با روش غربال‌گری انتخاب شده بودند (بهمدی، ۱۳۸۴). ارزیابی حسی در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول طی دو مرحله مجزا نمونه شاهد و پسته خشک شده با شرایط مختلف فرآیند میکروویو به گروه ارزیاب داده شد و از آن‌ها خواسته شد، نمونه‌ها را رتبه‌بندی کنند. با تجزیه و تحلیل داده‌های این مرحله، ۵ نفر برای ارزیابی در مرحله دوم انتخاب شدند. به منظور پرهیز از بروز خطاهای متداول در ارزیابی‌های حسی نظیر خطای حاصل از انتظار ارزیاب‌ها یا خطای حاصل از محرک، نمونه‌ها در ابعاد و اشکال یکسان در ظروف مشابه مخصوص که با اعداد سه رقمی و به صورت تصادفی رمزگذاری شده بودند، در اختیار ارزیاب‌ها قرار داده شد. در مرحله دوم با در نظر گرفتن خصوصیات و معیارهای ارزیابی برای پسته پرسشنامه مخصوص تهیه شد. چهار صفت مورد بررسی ۱- فساد چربی، از نظر طعم نامطلوب در پسته (تندی)، ۲- مزه، از نظر

[1]. Loadcell
[2]. Yield point
[3]. Maximum force

شیرینی و خوش‌مزگی مغز پسته، ۳- بافت، از نظر تردی و شکنندگی مغز پسته و ۴- رنگ، از نظر رنگ قهوه‌ای یا برشتگی در مغز پسته، مطابق فرم نمونهٔ جدول ۱ بودند. روش ارزیابی هدونیک پنج شماره‌ای بود. بر این اساس برای هر یک از ویژگی‌های پسته امتیازی بین ۰ تا ۵ در نظر گرفته شد (جدول ۲). در صورتی‌که تمام انتظارات و خواسته‌های کیفی به طور کامل تأمین می‌گردید، نمونه حداکثر امتیاز (۵ امتیاز) را کسب می‌کرد و از نظر کیفی عالی ارزیابی می‌شد (گازر و مینایی، ۱۳۸۱).

جدول ۱. فرم جمع‌آوری اطلاعات آزمون چشایی از افراد

تیمار	تندی	مزه	بافت	رنگ مغز

جدول ۲. امتیازدهی به مشخصه‌های کیفی در آزمون چشایی

ردیف	مشخصهٔ وصفی	امتیاز
۱	علاقه‌مندی خیلی زیاد	۵
۲	علاقه‌مندی زیاد	۴
۳	علاقه‌مندی متوسط	۳
۴	علاقه‌مندی کم	۲
۵	عدم علاقه‌مندی	۱

داده‌های بدست آمده برای ارزیابی پارامترهای مختلف کیفی پسته به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام گرفت. مقایسهٔ میانگین‌های بدست آمده به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج بررسی خندانی پسته

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس مقادیر عددی خندانی ارقام مختلف در تیمارهای مختلف خشک‌کردن (میکروویو و آفتابی) را نشان می‌دهد. داده‌های جدول نشان می‌دهد که اثرات سادهٔ رقم و تیمار خشک‌کردن و نیز اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مقادیر خندانی ارقام پسته در تیمارهای مختلف خشک‌کردن

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
رقم	۲	۴۳/۹۸۴ **
تیمار	۳	۵۲/۶۶۰ **
رقم × تیمار	۶	۱۰/۸۲۵ **
خطا	۴۶۸	۰/۲۰۲
مجموع	۴۷۹	

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

- مقایسه میانگین مقادیر متوسط عدد خندانی

جدول ۴ نتایج آزمون مقایسه میانگین به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ عدد خندانی ارقام مختلف پسته را نشان می‌دهد که به طور کلی میزان خندانی پسته‌های ارقام قزوینی به طور معنی‌داری با هم متفاوت هستند که در آن میزان خندانی رقم کال خندان بیشتر از رقم کله بزی و آن هم بیشتر از رقم قرمز بود.

جدول ۴. مقایسه میانگین عدد خندانی ارقام مختلف

رقم	عدد خندانی
کال خندان	۳/۹۸۰ [a]
کله بزی	۳/۴۰۳ [b]
قرمز	۲/۹۳۳ [c]

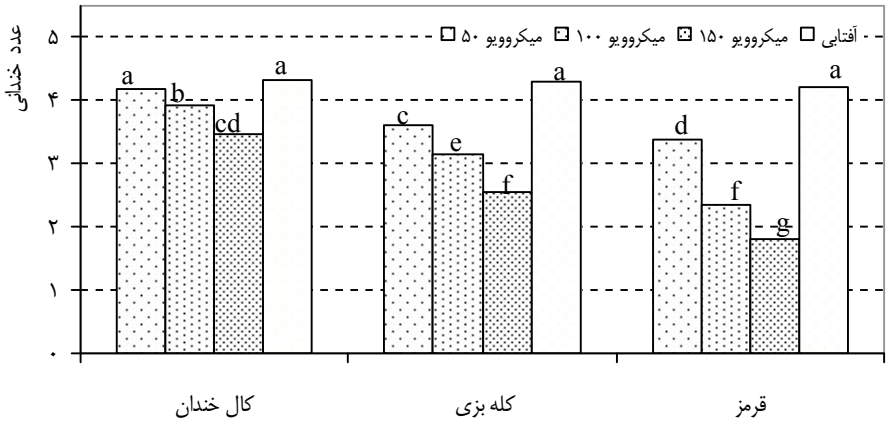
نتایج مقایسه میانگین عدد خندانی پسته‌های ارقام قزوینی در تیمارهای مختلف خشک‌کردن به روش میکروویو و آفتابی (جدول ۵) نشان می‌دهد که اثر تیمارهای مختلف خشک‌کردن در عدد خندانی پسته به طور بسیار معنی‌داری با هم متفاوت بود که تیمار خشک‌کردن به روش آفتابی بزرگ‌ترین عدد را به خود اختصاص داد. علت این موضوع را می‌توان با استفاده از ماهیت نحوهٔ دفع رطوبت در دو روش میکروویو و آفتابی قابل تفسیر است. در روش آفتابی، رطوبت ابتدا از لایه‌های بیرونی خارج می‌شود و بدین سبب سلول‌های این لایه زودتر آب از دست داده و در پی آن زودتر چروکیده و منقبض می‌شوند. این امر موجب اعمال تنش کششی به سلول‌های لایه‌های داخلی می‌گردد و در نتیجه پوست چوبی تمایل به فاصله گرفتن از مغز پیدا می‌کند. لکن در روش خشک‌کردن به روش میکروویو ابتدا لایهٔ میانی پوست چوبی رطوبت از دست می‌دهد، لایه‌های داخلی چون در مسیر انتشار رطوبت مغز هستند نسبت به لایهٔ بیرونی دیرتر رطوبت از دست می‌دهند. از این رو به نظر می‌رسد در روش خشک‌کردن میکروویو تنش کششی کم‌تری و به تعداد سلول‌های کم‌تری از لایهٔ داخلی اعمال گردد. بنابراین تمایل به فاصله گرفتن لبه‌های پوست چوبی کم‌تر خواهد شد که در منجر به کاهش خندانی دانه‌های پسته شده است. بر اساس مقادیر جدول ۵ به طور کلی میزان خندانی پسته در خشک‌کردن به روش آفتابی بیش از ۳۵٪ نسبت به خشک‌کردن به روش میکروویو بیشتر است.

جدول ۵. مقایسه میانگین عدد خندانی ارقام مختلف به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن

تیمارهای خشک‌کردن	عدد خندانی
میکروویو ۵۰ گرمی	۳/۷۲۷ [b]
میکروویو ۱۰۰ گرمی	۳/۱۴۶ [c]
میکروویو ۱۵۰ گرمی	۲/۶۰۲ [d]
آفتابی	۴/۲۸۰ [a]

همچنین داده‌های جدول ۵ برای تیمارهای مختلف میکروویو نشان می‌دهد که با افزایش اندازهٔ نمونه عددی خندانی پسته به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. علت این موضوع را می‌توان در تفاوت سرعت خروج رطوبت و دمای نمونه‌های مختلف دانست.

نتایج بررسی سرعت خشک شدن تیمارهای مختلف میکروویو نشان داد که زمان خشک شدن با افزایش وزن نمونه افـزایش و دمای متوسط نمونه به طور محسوسی کاهش می‌یافت. این شرایط می‌تواند در افزایش تنش کششی مؤثر در سلول‌های لایـه‌هـای داخلی پوست چوبی مؤثر باشد. نمودار شکل ۱ مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تیمار خشک‌کـردن را بـه روش آزمـون دانکـن در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد. نمودار نشان می‌دهد اثر تیمار میکروویو برای ارقام قرمز و کله بزی خیلی بیشتر از رقم کال خندان بود. این تفاوت ممکن است به علت تفاوت در عدد خندانی اولیه و ویژگی‌های فیزیکی ارقام بوده باشد.



شکل ۱. مقایسهٔ میانگین مقادیر عدد خندانی اثر متقابل رقم × تیمار خشک کردن.

نتایج بافت سنجی

جدول ۶ نتایج تجزیه واریانس نیروی نفوذ میله به قطر ۳/۲ میلی‌متر بر روی بافت سه رقم پسته قزوینی خشک شده با تیمارهای مختلف (میکروویو و آفتابی) را نشان می‌دهد. داده‌های جدول نشان می‌دهد که اثر رقم در نیروی نفوذ اولیه معنی‌دار نبوده در حالی که بر نیروی ثانویه در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. اثر تیمار خشک‌کردن بسیار معنی‌دار (در سطح احتمال ۱٪) بود.

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس نیروی نفوذ میله روی مغز پسته

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		نیروی نفوذ اولیه	نیروی نفوذ ثانویه
رقم	۲	۲۴/۳۹۰ ns	۴۵/۳۵۸*
تیمار	۳	۴۶/۲۰۱**	۹۲/۹۰۱**
رقم × تیمار	۶	۸/۱۴۲ ns	۲۲/۴۸۸ ns
خطا	۴۷	۸/۹۷۲	۱۰/۱۰۶

**، * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪، ns غیر معنی‌دار.

- **مقایسه میانگین داده‌های بافت سنجی**

مقایسه میانگین مقادیر نیروی نفوذ اولیه (نیروی تسلیم) و ثانویه (نقطه شکست) بافت به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ در جدول ۷ نشان داده شده است. داده‌ها نشان می‌دهند که به طور کلی بافت پسته رقم کال خندان به طور محسوسی دارای سفتی بیشتر از دو رقم دیگر بود.

جدول ۷. مقایسهٔ میانگین‌های آزمون بافت سنجی مغز پسته ارقام مختلف

رقم پسته	نیروی نفوذ اولیه (نیوتن)	نیروی نفوذ ثانویه (نیوتن)
کال خندان	۹/۱۰۱ a*	۱۲/۴۶ a
کله بزی	۷/۷۰۲ ab	۹/۴۷۵ b
قرمز	۶/۹۲۱ b	۱۰/۶۳ ab

* اعداد دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۸ نتایج مقایسه میانگین مقادیر سفتی بافت مغز پسته در اثر تیمارهای مختلف خشک‌کردن را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که نیروی نفوذ اولیه برای نمونه ۵۰ گرمی روش میکروویو به طور معنی‌داری از روش خشک کردن آفتابی بزرگ‌تر است، در حالی که سایر تیمارهای میکروویو با روش آفتابی تفاوت معنی‌داری ندارند. در خصوص نیروی نفوذ ثانویه بافت مغز نمونه‌های به وزن مختلف پسته به روش میکروویو با هم تفاوتی نداشتند، لکن به طور معنی‌داری نسبت به روش آفتابی بیشتر بود. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش وزن نمونه در خشک‌کردن به روش میکروویو سفتی بافت کاهش یافت. علت این وضعیت ممکن است به کاهش سرعت خشک‌شدن (افزایش مدت زمان خشک‌کردن) یا به عبارت دیگر کاهش گردایان رطوبت درون بافت مغز پسته باشد.

جدول ۸. مقایسهٔ میانگین‌های مقادیر سفتی بافت مغز پسته تیمارهای مختلف خشک‌کردن

تیمار خشک‌کردن	نیروی نفوذ اولیه (نیوتن)	نیروی نفوذ ثانویه (نیوتن)
میکروویو ۵۰ گرمی	۱۰/۲۵ a*	۱۳/۱۰ a
میکروویو ۱۰۰ گرمی	۸/۲۵۶ ab	۱۱/۶۸ a
میکروویو ۱۵۰ گرمی	۶/۵۷۰ b	۱۱/۳۵ a
خشک‌کردن در مقابل آفتاب	۶/۵۵۴ b	۷/۳۰۲ b

* اعداد دارای حروف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

اثر فرآیند خشک‌کردن به روش میکروویو بر شاخص‌های شیمیایی

در جدول ۹ نتایج تجزیه واریانس اثر فرآیند میکروویو بر شاخص‌های شیمیایی ارقام مختلف پسته قزوینی ارائه شده است. در رابطه با درصد چربی همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر رقم بر مقدار چربی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بوده است. اما نوع تیمار

خشک کردن (استفاده از نمونه‌های با وزن‌های مختلف در خشک‌کردن با استفاده از میکروویو و خشک‌کردن در مقابل آفتاب) معنی‌دار نبود. بررسی پارامترهای مؤثر دما و سرعت جابجایی هوا بر چربی پسته‌های ارقام کله قوچی و فندقی توسط گازر و مینایی (۱۳۸۱) نشان داد که این عوامل بر میزان چربی اثر معنی‌داری نداشت. نتایج مشابهی نیز توسط توکلی‌پور و همکاران (۱۳۸۷) گزارش شده است. در رابطه با مقدار پروتئین مشاهده می‌شود که اثر رقم و نوع فرآیند خشک‌کردن بر مقدار پروتئین معنی‌دار نبوده است. به طور مشابه نتایج تحقیق گازر و مینایی (۱۳۸۱) نشان داد که تغییرات دمای هوای خشک‌کردن اثر معنی‌داری بر میزان پروتئین ارقام پسته‌های کله قوچی و فندقی نداشته است. در بررسی پارامترهای خشک‌کردن بر پسته رقم عباسعلی دامغان نیز نتایج مشابه بدست آمد (توکلی‌پور، ۱۳۸۷). با توجه به داده‌های جدول مشاهده می‌شود که اثر سادهٔ رقم و نوع فرآیند خشک‌کردن بر مقدار دو شاخص اسیدیته و پراکسید معنی‌دار بوده است.

جدول ۹. نتایج تجزیه واریانس اثر فرآیند خشک‌کردن میکروویو و آفتابی بر ویژگی‌های شیمیایی پسته ارقام قزوینی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		چربی	پروتئین	اسیدیته	پراکسید
رقم	۲	۴۰/۸۸۰ *	۴/۳۹۸ ns	۰/۰۵۴ **	۰/۰۶۴ **
تیمار	۳	۱۳/۷۸۲ ns	۰/۸۴۰ ns	۰/۰۱۲ *	۰/۰۲۷ **
رقم × تیمار	۶	۸/۱۳۷ ns	۱/۴۱۷ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۲ ns
خطا	۲۴	۹/۲۳۲	۹/۶۲۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات		٪۷/۶۳	٪۱۲/۰۱	٪۲۷/۲۱	٪۱۲/۱۶

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار.

- **مقایسه میانگین‌های اثر رقم بر شاخص‌های شیمیایی**

جدول ۱۰ نتایج مقایسه میانگین اثر ساده نوع رقم بر مقادیر درصد چربی، پروتئین، اسیدیته و پراکسید در ارقام مختلف پسته قزوینی را نشان می‌دهد. داده‌های جدول نشان می‌دهد که میانگین درصد چربی رقم کال خندان به طور معنی‌داری بیشتر از رقم قرمز بوده است. داده‌های بدست آمده نشان داد که ارقام پسته قزوینی نسبت به ارقام کله قوچی و فندقی (گازر و مینایی، ۱۳۸۱) حاوی میزان چربی کم‌تری است. داده‌های جدول نشان می‌دهد که سه رقم پسته قزوینی از نظر مقدار پروتئین تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و متوسط پروتئین ارقام پسته قزوینی ۲۵/۸۳ درصد برآورد گردید. اسیدیته بیانگر مقدار اسید چرب آزاد موجود در محیط است که عمدتاً به واسطه فرآیند هیدرولیز تشکیل می‌شود. نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد که دو رقم کله بزی و قرمز اسیدیته یکسانی داشته و مقدار اسیدیته در رقم کال خندان به طور معنی‌داری بیشتر بوده است. اسیدیته ۰/۲۷–۰/۱۵ به طور کلی کم بوده و قابل ملاحظه نمی‌باشد. نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد که دو رقم کله بزی و قرمز پراکسید یکسانی داشته و مقدار و

مقدار پراکسید در رقم کال خندان به طور معنی‌داری بیشتر بوده است. پراکسید ۰/۵۲–۰/۳۹ به طور کلی کم بوده و قابل ملاحظه نمی‌باشد.

جدول ۱۰. اثر نوع رقم بر درصد چربی ارقام مختلف پسته قزوینی خشک‌شده به روش میکروویو

نوع رقم	درصد چربی	درصد پروتئین	اسیدیته	پراکسید
کال خندان	۴۱/۰۸ [a]	۲۶/۰ [a]	۰/۲۷ [b]	۰/۵۲ [a]
کله بزی	۳۹/۵۰ [ab]	۲۵/۲ [a]	۰/۱۵ [a]	۰/۳۹ [b]
قرمز	۳۷/۴۲ [b]	۲۶/۳ [a]	۰/۱۵ [a]	۰/۳۹ [b]

در هر ستون اعداد با حروف یکسان از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

– مقایسه میانگین‌های اثر نوع تیمار خشک‌کردن بر شاخص‌های شیمیایی

جدول ۱۱ نتایج مقایسه میانگین اثر سادهٔ تیمارهای مختلف خشک‌کردن بر درصد چربی، پروتئین، اسیدیته و عدد پراکسید پسته ارقام قزوینی را نشان می‌دهد. داده‌های جدول نشان می‌دهد که کاربرد روش‌های مختلف فرآیند بر مقدار چربی و پروتئین ارقام پسته قزوینی نمونه‌ها معنی‌دار نبوده است. فرآیند میکروویو تأثیری بر مقدار ازت تام موجود در نمونه ندارد، از این رو تفاوت معنی‌داری در نمونه‌ها از نظر کل پروتئین موجود مشاهده نشده است. احتمال دارد با بررسی ساختار پروتئین در آزمون‌های تکمیلی نظیر الکتروفورز تفاوتی در ساختمان پروتئین به دلیل دناتوره شده در اثر دریافت امواج میکروویو مشاهده شود که در پروژه‌های تکمیلی قابل بررسی خواهد بود.

جدول ۱۱. اثر نوع تیمار خشک‌کردن بر درصد چربی پسته ارقام مختلف قزوینی

نوع تیمار	درصد چربی	درصد پروتئین	اسیدیته	پراکسید
شاهد (روش سنتی)	۳۸/۸۹ [a]	۲۵/۸ [a]	۰/۲۳ [a]	۰/۵۰ [a]
میکروویو ۵۰ گرمی	۴۱/۰۰ [a]	۲۶/۲ [a]	۰/۲۱ [ab]	۰/۴۵ [a]
میکروویو ۱۰۰ گرمی	۳۷/۸۹ [a]	۲۵/۸ [a]	۰/۱۷ [b]	۰/۳۹ [b]
میکروویو ۱۵۰ گرمی	۳۸/۵۶ [a]	۲۵/۵ [a]	۰/۱۵ [b]	۰/۳۹ [b]

در هر ستون اعداد با حروف یکسان از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

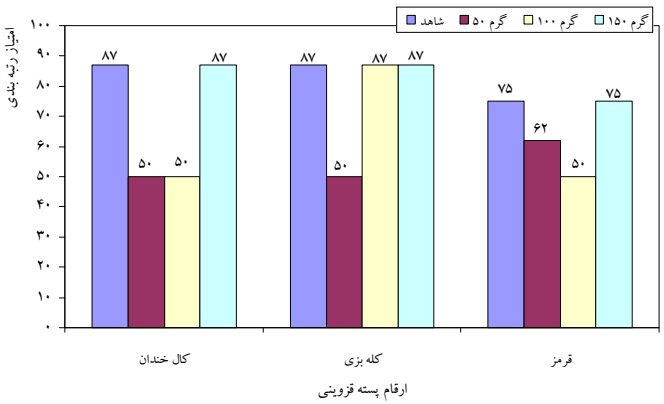
در جدول ۱۱ مقایسه میانگین اثر تیمارهای فرآیند میکروویو مختلف بر اسیدیته ارقام پسته قزوینی نشان داده شده است. در این جدول تفاوت مختصری بین نمونه شاهد و نمونه‌های خشک شده به روش میکروویو مشاهده می‌شود، لکن با توجه به معنی‌دار نبودن این اثر در سطح ۱٪ (جدول ۹) این اثر قابل ملاحظه نمی‌باشد. مقایسه میانگین اثر تیمارهای فرآیندی مختلف بر پراکسید ارقام پسته در جدول ۱۱ نشان می‌دهد که نمونه شاهد و نمونه تیمار ۵۰ گرمی از نظر مقدار پراکسید مشابه بوده‌اند. افزایش مقدار نمونه باعث افزایش معنی‌دار پراکسید شده است. بر اساس استاندارد شماره ۱۵ تحت عنوان "پسته – ویژگی‌ها" حداکثر میزان

مجاز عدد پراکسید مجاز پسته فرآوری شده حداکثر ۱ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم تعیین شده است، که در تیمارهای خشک‌کردن ارقام پسته قزوین به روش میکروویو در حد مجاز قرار داشت.

بالاترین مقدار عدد پراکسید مربوط به تیمار خشک‌کردن پسته در مقابل آفتاب بوده است. دلیل آن‌را می‌توان به طولانی بودن فرآیند و در معرض هوا قرار گرفتن بیشتر و در نهایت اکسیده شدن بیشتر روغن آن مربوط دانست. در خصوص تیمار نمونه ۵۰ گرمی پسته خشک‌شده به روش میکروویو می‌توان به دمای حداکثر بالایی که نمونه‌های پسته به آن می‌رسند مرتبط کرد. نتایج گازر و مینایی (۱۳۸۱) نشان داد که با افزایش دمای هوای خشک‌کردن عدد پراکسید روندی افزایشی داشت. بر اساس داده‌های نتایج تحقیق آنان افزایش دما از ۶۰ به ۹۰ درجه سلسیوس موجب افزایش عدد پراکسید ارقام کله قوچی و فندقی به ترتیب از ۰/۰۲۴تا ۰/۲۴۵ و ۰/۰۱۳ تا ۰/۵۲۸ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم گردید.

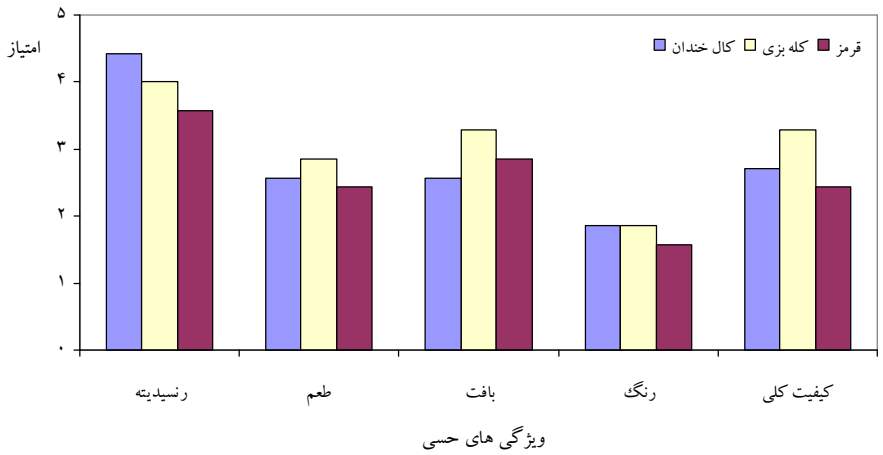
ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی اولیه (رتبه‌بندی) پسته‌های خشک‌شده در شرایط مختلف میکروویو در مقایسه با نمونه شاهد (خشک‌کردن در مقابل آفتاب) در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به امتیازات مکتسبه از رتبه‌بندی اولیه، برای ارزیابی بیشتر نمونه‌های ۱۵۰ گرمی برگزیده شدند. نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه[1] در جدول ۱۲ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین این سه رقم وجود نداشته است. مقادیر متوسط ویژگی‌های حسی در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۲. امتیاز رتبه‌بندی پسته‌های خشک‌شده در شرایط مختلف میکروویو و شاهد.

[1]. One-way ANOVA



شکل ۳. اثر شرایط مختلف خشک‌کردن میکروویو بر ویژگی‌های حسی ارقام پسته قزوین.

جدول ۱۲. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مختلف حسی پسته در خشک‌کردن به روش میکروویو

ویژگی‌های حسی	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تندی (رنسیدیته)	بین گروه‌ها	۲	۱/۲۸۶ ns
	درون گروه‌ها	۱۸	۰/۶۳۵
	کل	۲۰	
طعم	بین گروه‌ها	۲	۰/۳۳۳ ns
	درون گروه‌ها	۱۸	۰/۶۸۳
	کل	۲۰	
بافت	بین گروه‌ها	۲	۰/۹۰۵ ns
	درون گروه‌ها	۱۸	۱/۲۲۲
	کل	۲۰	
رنگ	بین گروه‌ها	۲	۰/۱۹۰ ns
	درون گروه‌ها	۱۸	۰/۴۱۳
	کل	۲۰	
کیفیت کلی	بین گروه‌ها	۲	۱/۳۳۳ ns
	درون گروه‌ها	۱۸	۰/۸۱۰
	کل	۲۰	

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق خشک‌کردن پسته رقم قزوینی در سه وزن مختلف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرمی به روش میکروویو توسط دستگاه اجاق میکروویو خانگی با حداکثر توان خروجی ۸۰۰ وات در فرکانس لامپ مگنترون ۲۴۵۰ MHz با سه تکرار به صورت تناوبی (۶

ثانیه روشن و ۷۰ ثانیه خاموش) خشک شدند و ویژگی‌های کیفی و شیمیایی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی نتایج زیر حاصل شد.

- نتایج بررسی عدد خندانی نشان داد که اثر تیمارهای مختلف خشک‌کردن در عدد خندانی پسته به طور بسیار معنی‌داری (در سطح احتمال ۵٪) با هم متفاوت هستند و تیمار خشک‌کردن به روش آفتابی بزرگ‌ترین عدد را به خود اختصاص داد.
- نتایج مقایسه میانگین مقادیر سفتی بافت مغز پسته در اثر تیمارهای مختلف خشک‌کردن نشان داد که نیروی نفوذ اولیه برای نمونه ۵۰ گرمی روش میکروویو به طور معنی‌داری از روش خشک کردن آفتابی بزرگ‌تر است، در حالی که سایر تیمارهای میکروویو با روش آفتابی تفاوت معنی‌داری ندارند. در خصوص نیروی نفوذ ثانویه بافت مغز نمونه‌های به وزن مختلف پسته به روش میکروویو با هم تفاوتی نداشتند، لکن به طور معنی‌داری نسبت به روش آفتابی بیشتر بود. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش وزن نمونه در خشک‌کردن به روش میکروویو سفتی بافت کاهش یافت.
- در خصوص اثر فرآیند خشک‌کردن با استفاده از میکروویو و خشک‌کردن در مقابل آفتاب بر ویژگی‌های شیمیایی پسته، نشان داد که فرآیند بر مقدار چربی و پروتئین نمونه‌ها معنی‌دار نبود. لکن اثر تیمارهای فرآیند میکروویو مختلف بر اسیدیته ارقام پسته قزوینی تفاوت مختصری بین نمونه شاهد و نمونه‌های خشک شده به روش میکروویو مشاهده شد که این اثر در سطح ۱٪ معنی‌دار نبود. اثر تیمارهای فرآیندی مختلف بر پراکسید پسته نشان داد که نمونه شاهد و نمونه تیمار میکروویو ۵۰ گرمی از نظر مقدار پراکسید مشابه بوده‌اند و بزرگ‌ترین مقادیر را داشتند. افزایش مقدار نمونه در خشک‌کردن به روش میکروویو باعث کاهش معنی‌دار عدد پراکسید شد.
- بر اساس بررسی‌های ویژگی‌های حسی بین تیمارهای مختلف میکروویو تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

منابع

۱- بهمدی، ه. ۱۳۸۴. کاربرد کلرید پتاسیم به عنوان جایگزین نمک خوراکی در تهیه نان‌های رژیمی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. تهران. نشریه شماره ۸۴/۱۵۴۸.

۲- بی‌نام. ۱۳۷۸. روش‌های آزمون پسته (تجدید نظر چهارم). استاندارد ملی ایران، شماره ۴۹۲۰، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، کرج.

۳- بی‌نام. ۱۳۸۳. روغن‌ها و چربی‌های خوراکی- نمونه‌برداری (تجدید نظر اول). استاندارد ملی ایران، شماره ۴۹۳، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، کرج.

۴- بی‌نام. ۱۳۸۷. روغن‌ها و چربی‌های گیاهی و حیوانی اندازه‌گیری مقدار پراکسید به روش یدومتری- تعیین نقطه پایانی به طریق چشمی (تجدید نظر اول). استاندارد ملی ایران، شماره ۴۱۷۹، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، کرج.

۵- پروانه، و. ۱۳۹۰. کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی. چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۳۳۲ صفحه.

۶- توکلی‌پور، ح.، ا. کلباسی، و ع. ر. بصیری. ۱۳۸۷. اثر پارامترهای خشک‌کردن بر شاخص‌های کیفی پسته دامغان *(Pistachio vera L.)* و تعیین ضرایب نفوذ مؤثر در شرایط بهینه این فرآیند. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره ۵، شماره ۴: ۴۷-۵۶.

۷- رستمی، م. ع. و ف. میردامادیها. ۱۳۸۳. ارزیابی و مقایسه خشک‌کن‌های رایج پسته در استان کرمان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۵ (۱۸)، ص ۱-۱۸.

۸- رفیعی، ش. و م. کاشانی‌نژاد. ۱۳۸۴. شبیه‌سازی رطوبت در طی خشک‌شدن دانه پسته (رقم اوحدی) با دمای بالا بوسیله روش اجراء محدود. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، دوره ۲، شماره ۱، ص ۱۵-۲۶.

۹- عسکری، غ. ر.، ز. امام جمعه، و س. م. ع. ابراهیم‌زاده موسوی. ۱۳۸۴. تغییرات میکروسکوپی، ویژگی‌های بافتی و ظرفیت جذب مجدد آب برش‌های سیب خشک‌شده با روش‌های مختلف. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۶، شماره۴. ص ۱۰۱۰-۱۰۰۱.

۱۰- کاشانی‌نژاد، م.، س. ع. مرتضوی، ع. ا. سیف‌کردی، و ی. مقصودلو. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر متغیرهای خشک‌کردن بر خصوصیات کیفی پسته رقم اوحدی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۶، شماره ۵: ۱۰۷۵-۱۰۸۵.

۱۱- گازر، ح. ر.، و س. مینایی. ۱۳۸۱. تأثیر پارامترهای دما و سرعت جابجایی هوا بر زمان خشک‌شدن و شاخص‌های کیفی پسته. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۳ (۱۱)، ص ۷۳-۹۰.

۱۲- گازر، ح. ر.، س. مینایی و م. ع. رستمی. ۱۳۸۳. بررسی اثرات دما و ضخامت محصول بر فرآیند خشک‌شدن پسته در خشک-کن‌های صندوقی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۱(۴): ۸۱-۹۳.

۱۳- مظلومی، م. ت.، ا. تسلیمی، ا. جمشیدی، م. عاطفی، ن. حاج سیدجوادی، ر. کمیلی‌فنود، ف. سیداحمدیان، ح. ر. فلاحت‌پیشه، ن. چوبدار، ز. هادیان، ب. گلستان و س. ع. شفیقی. ۱۳۸۶. مقایسه اثرات روش‌های خشک‌کردن به کمک خلاء، انجماد، خورشید، مایکروویو با روش سنتی بر ویژگی‌های زعفران قائن. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال دوم، شماره ۱، ص ۷۶-۶۹.

۱۴- میرنظامی ضیابری، س. ح.، ز. حمیدی اصفهانی و م. فائز. ۱۳۷۵. مایکروویو در صنایع غذایی و منازل. ناشر: ادبستان. ۳۰۰ ص.

15- AOAC. 1999. Official methods for analysis, 15th ed. (Vol. II). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

16- Barbosa-Canavas, G. V., and H. Veca-Mercado. 1996. Dehydration of foods. 1st ed. Chapman and Hall, New York.

17- Gunasekaran, S. 1999. Pulsed microwave-vacuum drying of food materials. *Drying Technology*, 17(3): 395-412.

18- Kader, A. A., C. M. Heints, J. M. Labavitch, and H. L. Rae. 1982. Studies related to the description and evaluation of pistachio nut quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107 (5), 812-816.

19- Kashaninejad, M., A. Mortazavi, A. Safekordi, and L. G. Tabil. 2006. Some physical properties of pistachio (*Pistacia vera L.*) nut and its kernel. *Journal of Food Engineering,* 72: 30-38.

20- Schiffman, R. F. 1992. Microwave processing in the U.S. food industry. *Food Technology*, 46 (12), 50–52, 56.

21- Sharma, G. P., and S. Prasad. 2001. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of food engineering*, 50: 99-105.

22- Soysal, Y., S. Oztekin, and O. Eren. 2006. Microwave drying of parsley: modeling, kinetics, and energy aspects. *Biosystems Engineering*. Vol. 93, No. 4, pp. 403-413.

Investigation of effects of intermittent-microwave drying on quality indices Pistachio (*Pistacia vera* L.) nuts

Ali mashaallah Kermani[1*] and Homa Behmadi[2]

1- Asistant Professor, Department of Agro-Technology, College of Aburaihan, Tehran University
a_m_kermani@yahoo.com
2- Academic Member, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj

Abstract

In this research, The effects of intermittent-microwave drying of three varieties Qazvinan Pistachio nuts the chemical quality characteristics such as changes in protein, lipid peroxide and features a spiliting, taste, texture and color were investigated and compared with traditional methods. Drying experiments were performed in a 800 W 2450 MHz domestic microwave oven with different material loads 50, 100 and 150 g at microwave power cycle of 6s on/70s off at 800 W microwave output power with three repeated. As well as control samples were dried in the sun. Results showed that the effect of different treatments on nut splitting was significant (at the 5% level) and sun drying treatment had won the maximum nut splitting. For texture tests of kernels yield point force for sample dried with MV 50 g was harder than sun treatment, but others have not significance difference. However, rupture force for MV dried nuts was higher sun dried samples. Also, with increaseing load sample for MV treatments, hardness of kernels decreased. The results of chemical characteristics showed the effect of drying different treatments were not significant on the amount of fat and protein. However, the effect of microwave treatment on the acidity of pistachio modest differences between the control sample and the sample dried by microwave detected that this effect was not significant at the 1% level. The effect of different drying treatments on peroxide showed that the treated samples and control samples were similar MV 50 grams of peroxide value by increasing the value of and means a significant increase in peroxide. Based on the characteristics of sensory, there was no significant difference between different treatments.

Key words: Chemical Characteristics, Drying, Microwave, Pistachio nuts, Quality Indices.