مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۳ شماره ۱/ سال ۱۴۰۲/ صفحات ۳۳ تا ۴۸
DOI: 10.22034/FR.2021.47718.1805

# مطالعه تاثیر بودادن با روش مایکروویو بر ترکیبات فرار و برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و خواص حسی دانه قهوه سبز

**محمد رضا مهربد[۱]، محمد حجتی[۲*] و حمید عزت‌پناه[۳]**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۹

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران
[۲] استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران
[۳] استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران
[*] مسئول مکاتبات: Email: hojjati@asnrukh.ac.ir

## چکیده

**زمینه مطالعاتی**: دانه قهوه خام عطر و طعم ضعیفی دارد و قبل از مصرف باید بو داده شود. **هدف**: از مایکروویو (۶۵۰، ۷۵۰ و ۹۰۰ وات به مدت ۱/۵ دقیقه) و هوای داغ آون (۲۲۰ °C و ۱۵ دقیقه) جهت بودادن دانه قهوه سبز استفاده شد. **روش کار**: دانه قهوه سبز با آون و توانهای مختلف مایکروویو بو داده شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (رطوبت، سختی بافت، رنگ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فرار) و حسی نمونه‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی بررسی شدند. **نتایج**: میزان رطوبت، سختی، روشنایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانه‌های قهوه در اثر بودادن کاهش معنی‌داری یافت در حالیکه بودادن موجب افزایش شدت قرمزی و زردی دانه‌های قهوه شد. نمونه‌های تیمار شده با مایکروویو میزان سختی کمتر و فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به نمونه‌های بوداده شده با آون داشتند. بودادن کاهش مقدار ترکیبات اسیدی را درپی داشت ولی مقادیر ترکیبات الکلی، کتونی، آلدهیدی، فورانی، پیرازینی و فنولیک در قهوه‌های تیمار شده افزایش معنی‌داری یافت. بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فرار به‌ترتیب در قهوه تیمار شده با مایکروویو در توانهای ۶۵۰ و ۹۰۰ وات مشاهده شد. بودادن منجر به افزایش مقبولیت رنگ ظاهری قهوه شد. قهوه بو داده شده توسط مایکروویو با توان ۶۵۰ وات به طور معنی‌داری نسبت به سایر نمونه‌ها از ویژگی‌های حسی بالایی برخوردار بود. **نتیجه‌گیری نهایی**: مایکروویو با توان ۶۵۰ وات با ایجاد ترکیبات معطر بیشتر در دانه‌های قهوه، پذیرش حسی بهتر و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر می‌تواند روش مناسبی برای بودادن دانه‌های قهوه باشد.

**واژگان کلیدی**: قهوه، بودادن، فعالیت آنتی اکسیدانی، گازکروماتوگرافی، ترکیبات فرار

## مقدمه

قهوه از پرطرفدارترین نوشیدنی‌های جهان است که با تولید سالیانه بیش از ده میلیون تن به عنوان دومین کالای مهم تجاری پس از نفت مطرح می‌باشد (آگُویرا و همکاران ۲۰۱۶). قهوه حاوی ترکیبات زیست فعال زیادی همچون کافئین، کلروژنیک اسید و مشتقات آن،

پلی‌فنل‌ها، الکل‌های دی‌ترپن، کافِستول و ریزمغذی‌هایی نظیر پتاسیم، منیزیم، نیاسین و توکوفرول‌ها است که اثرات مفیدی بر سلامت انسان دارند (کیم و همکاران ۲۰۱۹; گوکِن و سانلِیر ۲۰۱۹). قهوه به دلیل داشتن مقادیر بالای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و همچنین دارا بودن فعالیت ضدرادیکالی مناسب، در پیشگیری از بیماری‌هایی مثل نارسایی قلبی، سرطان‌ها، دیابت نوع دو، بیماری‌های عصبی و چاقی مؤثر است (اُکیف و همکاران ۲۰۱۸؛ گوکِن و سانلِیر ۲۰۱۹ و سیارامِلی و همکاران ۲۰۱۹). دانه قهوه به صورت خام و فرآوری نشده به رنگ سبز است و قهوه سبز[1] نامیده می‌شود که قبل از مصرف و به منظور ایجاد عطر و طعم مطلوب باید برشته شود. برشته کردن یا بودادن از مهمترین مراحل فرآوری قهوه است که با اعمال دمای بیش از ۲۰۰ درجه سانتیگراد تغییرات مشهودی را در خصوصیات فیزیکی ، شیمیایی، ساختاری و حسی دانه قهوه پدید می‌آورد. عوامل متعددی چون نوع قهوه و نحوه بودادن آن روی ترکیبات موجود در قهوه اثر می گذارند (پیتا و همکاران، ۲۰۰۱; پن و همکاران ۲۰۱٦).

ترکیب دانه قهوه در حین برشته کردن و در نتیجه پیرولیز، کاراملیزه شدن و واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌کند. به‌طوری‌که برخی ترکیبات از بین می‌روند و برخی ترکیبات جدید تشکیل می‌شوند که این تغییرات به عوامل مختلفی از جمله نوع برشته کردن بستگی دارد (بوتیراج و وانیتا ۲۰۲۰). معمولا در برشته‌کردن قهوه از دمای حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد استفاده می‌شود که طی حرارت دادن تغییرات ریزساختاری زیادی در دانه قهوه بوجود می‌آید و از طرفی به واسطه واکنشهای شیمیایی، ترکیبات متعددی ایجاد می‌شود که بر عطر و طعم نوشیدنی قهوه تاثیر بسزایی دارد (اسکینکر و همکاران ۲۰۰۲). قهوه سبز و بونداده حاوی مقادیر کمی کافئین و مقادیر زیادی اسید کلروژنیک است (تقوی و همکاران ۱۳۹۷). ترکیبات فنلی قهوه از تخریب حرارتی کربوهیدرات‌ها، اسید کلروژنیک و لیگنین‌ها تولید می‌شوند (شهیدی و ناژک ۱۹۹۵). تحقیقات نشان داده که دما و زمان بودادن از عوامل موثر بر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی دانه قهوه هستند، زیرا این عوامل بر مقادیر ترکیباتی نظیر کافئین و اسیدکلروژنیک تاثیرگذار می‌باشند (شهیدی و ناژک، ۱۹۹۵; نبسنی و بودرین ۲۰۰۳). امروزه مایکروویو به دلیل سرعت بالا، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کنترل دقیق فرآیند در صنایع غذایی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌گردد و در برشته کردن یا بودادن نتایج مطلوبی را به همراه داشته است و از طرفی به دلیل کوتاه بودن زمان فرآیند بویژه در خشک کردن و حذف آب مواد غذایی موجب حفظ بیشتر ترکیبات مغذی می‌گردد (حجتی و همکاران ۲۰۱٦; دانگ و همکاران ۲۰۱۸). هدف از انجام این تحقیق امکان استفاده از مایکروویو به عنوان یک روش بودادن و بررسی اثر آن بر برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی و حسی دانه قهوه در مقایسه با روش مرسوم استفاده از هوای داغ آون بود.

## مواد و روش‌ها

دانه قهوه سبز (*Coffea arabica* Linn.) وارداتی از کشور برزیل با میانگین رطوبت ٦/۲۷ درصد از بازار تهران تهیه گردید. دانه‌های قهوه شکسته شده و ناهمگن جدا شدند و از دانه‌های قهوه سالم با اندازه و شکل ظاهری یکسان جهت انجام این تحقیق استفاده گردید. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت‌های مرک آلمان و سیگماآلدریچ آمریکا تهیه شدند.

### فرآیند بودادن

برای بودادن دانه‌های سبز قهوه از آون (Binder WTC, Tutlingen, Germany) با دمای ۲۲۰ °C به مدت ۱۵ دقیقه و مایکروویو (NN-ST756W 44L, Panasonic, Tokyo, Japan) با توان‌های ٦۵۰، ۷۵۰ و ۹۰۰ وات به مدت ۱/۵ دقیقه استفاده گردید. برای هر

[1] Green Coffee

تیمار حدود ۲۰۰ گرم دانه سبز قهوه بکار گرفته شد. دانه‌های قهوه سبز که هیچ فرآیند حرارتی روی آنها صورت نپذیرفت به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شدند.

**ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی**

**محتوی رطوبت**

میزان رطوبت نمونه‌های قهوه به روش آون‌گذاری در دمای حدود ۱۰۵ °C تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری شد.

**سختی بافت**

میزان سختی[1] بافت دانه‌های قهوه با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer TA-XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, UK) و یک پروب آلومینیومی برشی (A/WEG) انجام شد. بیشترین نیرو جهت شکسته شدن دانه‌های قهوه به عنوان میزان سختی بر حسب نیوتن گزارش شد (علی‌نژاد و همکاران ۲۰۲۱).

**خصوصیات رنگی**

خصوصیات رنگی نمونه‌های قهوه شامل میزان روشنایی (L*)، شدت قرمزی ($a^*$) و شدت زردی ($b^*$) با استفاده از دستگاه رنگ سنج (CR-400, Konica Minolta, Inc., Osaka, Japan) بررسی شد و بدین منظور دانه‌های نمونه قهوه، ابتدا آسیاب شده و سپس پارامترهای رنگی آنها اندازه‌گیری شد (پیتیا و همکاران ۲۰۰۱).

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی**

برای بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی از روش تجزیه رادیکال آزاد ۱،۱- دیفنیل-۲- پریکیل هیدرازیل (DPPH) استفاده گردید. بدین منظور ابتدا دانه‌های قهوه پودر شده و با نسبت یک به ده با آب مقطر ۱۰۰ °C در یک ظرف درب بسته به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط و سپس به کمک یک تشت کوچک یخ تا دمای محیط سرد گردید. عصاره حاصل از صافی واتمن عبور داده شد و غلظت‌های مختلف (۰/۱، ۰/۲، ۰/٤ و ۰/۸ میلیگرم در میلی لیتر) آن جهت آزمون آنتی اکسیدانی استفاده گردید. ۲ میلی‌لیتر از هر غلظت عصاره قهوه که به نسبت ۱ به ۱۰ در آب گرم رقیق شده بود در لوله‌های آزمایش با ۲ میلی‌لیتر از محلول ۰/۱ میلی‌مولار DPPH در متانول مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در یک محل تاریک در دمای اتاق نگهداری شد. سپس جذب نمونه با دستگاه اسپکتروفتومتر (WPA model, Biowave II, Biochrom,Cambridge, UK) در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری و در نهایت درصد مهارکنندگی قهوه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (سعید الکالطام و همکاران ۲۰۲۰; نبسنی و بودرین ۲۰۰۳):

$$DPPH\ scavenging\ capability\ (\%) = \frac{(A_{blank} - A_{sample})}{A_{blank}} \times 100$$

در این معادله $A_{sample}$ : جذب محلول DPPH پس از واکنش با غلظت معینی از قهوه و $A_{blank}$ : جذب محلول DPPH با متانول به جای قهوه می‌باشد.

**استخراج و شناسایی ترکیبات معطر**

ترکیبات معطر و فرار قهوه به روش باگنستوس و همکاران (۲۰۰۸) و علی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۱) با اندکی تغییرات و با استفاده از ریزاستخراجی با فازجامد[2] استخراج و شناسایی آن‌ها با دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی[3] انجام شد. بدین منظور حدود یک گرم دانه قهوه آسیاب شده درون ویال شیشه ای درپیچ دار ویژه این کار ریخته شد و با افزودن حدود ۱۰ میلی‌لیتر آب به مدت ٦۰-۵۰ دقیقه در دمای حدود ۵۰ °C قرار گرفت که در این مدت فیبر وارد شده به ویال شیشه‌ای، مواد فرار خارج شده از نمونه را به خود جذب کرده و سپس به دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-6890A and MSD 5975 Agilent, Agilent Technologies, China) تزریق گردید . شرایط کار بدین طریق بود که دمای محل تزریق ۲۵۰ ° C ، گاز هلیوم با سرعت جریان

[1] hardness
[2] Solid Phase Microextraction
[3] Gas Chromatography- Mass Spectrophotometry (GC-MS)

۰/۸ میلی‌لیتر در دقیقه به عنوان گاز حامل و ستون موئینه (HP-5MS) به عنوان فاز جداکننده بود. برنامه دمایی و زمانی پیش بینی شده ستون نیز بدین طریق بود که دمای ابتدایی ستون ۴۰ °C و مدت نگهداری در این دما ۵ دقیقه بود، سپس افزایش دما تا ۱۸۰ °C با سرعت ۵ درجه در دقیقه و زمان ماندگاری تا ۵ دقیقه و در نهایت افزایش دما به ۲۴۰ °C با سرعت ۱۵ درجه در دقیقه و زمان نگهداری به مدت ۱۰ دقیقه بود. ترکیبات استخراج شده براساس زمان بازدارندگی و براساس استاندارد مؤسسه ملی فناوری و استانداردها[1] و داده های کتابخانه ای موجود در دستگاه شناسایی گردید.

**ارزیابی حسی**

ویژگی‌های حسی نمونه‌های قهوه و نوشیدنی های حاصل از آنها به روش بودرین و همکاران (۲۰۱۲) و نیبسنی و همکاران (۲۰۰۷) با اندکی تغییرات و با استفاده از ارزیابی حسی توسط ده نفر ارزیاب حسی آموزش دیده شامل شش زن و چهار مرد با گستره سنی ۲۵ تا ۴۷ سال بررسی شد. بدین منظور ابتدا نمونه دانه‌های قهوه توسط آسیاب برقی خانگی (Sayona, SCG-133, China) پودر شد و پس از عبور از یک الک ریز، به کمک یک دستگاه قهوه‌ساز خانگی (Delonghi EC685) از نمونه‌ها نوشیدنی قهوه به‌صورت اسپرسو تهیه گردید. نمونه‌های نوشیدنی درون فنجان‌های کوچک کریستالی ویژه سر قهوه که با اعداد تصادفی سه رقمی کدگذاری شده بودند ریخته شدند و به عنوان محصول نهایی جهت ارزیابی حسی در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفتند. فرمهای ارزیابی از قبل طراحی شده شامل ویژگیهای حسی طعم، شدت بو، رنگ ظاهری و پذیرش کلی بود که به صورت کمی از ۰ تا ۱۰ (امتیازدهی ۱۱ نقطه‌ای) توسط ارزیاب‌ها امتیازدهی گردید. امتیازهای ۰ و ۱۰ به ترتیب کمترین و بیشترین امتیازی بود که توسط ارزیاب‌ها به ویژگی مورد بررسی داده شد.

**تجزیه و تحلیل آماری**

در این پژوهش اثرات استفاده از توانهای مختلف مایکروویو و هوای داغ بر برخی ویژگی‌های دانه قهوه سبز در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با حداقل سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج با استفاده از آزمون واریانس یکطرفه و به کمک نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۳ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و جهت مقایسه میانگین ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

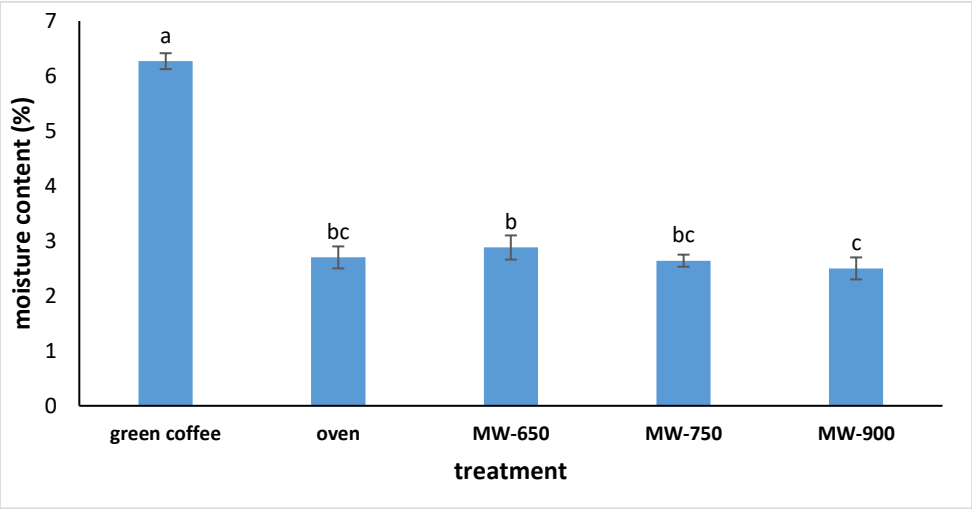
### محتوی رطوبت

اثر بودادن بر میزان محتوی رطوبت دانه قهوه در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، میزان رطوبت دانه‌های قهوه در طی فرآیند بودادن کاهش معنی‌داری یافته است. میزان رطوبت قهوه سبز ۰/۱۴۵±۶/۲۷ بود و میزان کاهش رطوبت در قهوه بو داده شده توسط مایکروویو در توان ۹۰۰ بیشتر از سایر نمونه ها بود، اگرچه اختلاف معنی داری با محتوی رطوبتی نمونه های بوداده شده در آون و مایکروویو ۷۵۰ وات نداشت. با افزایش قدرت مایکروویو در زمان های مشابه، نسبت کاهش محتوی رطوبت نمونه ها افزایش یافت که مطابق نتایج گزارش شده توسط دانگ و همکاران (۲۰۱۸) و بودرین و همکاران (۲۰۱۲) بود. با افزایش قدرت مایکروویو، نفوذ پذیری رطوبت موثر افزایش می‌یابد زیرا با افزایش انرژی گرمایی، انرژی جنبشی مولکول‌های آب تسریع می شود و در نتیجه نفوذ رطوبت افزایش می یابد (ژائو و همکاران ۲۰۱۷).

در مطالعه وانگ و لیم (۲۰۱۵) میزان رطوبت قهوه بوداده شده با توجه به میزان بو دادن، زمان و روش خنک کردن در محدوده ۵-۱٪ گزارش شد. محتوای رطوبت دانه‌های قهوه می‌تواند متفاوت باشد که به گونه،

[1] National Institute of Standards and Technology (NIST)

شرایط کشت، محیط رشد دانه و شرایط بودادن بستگی دارد (سعید الکالطام و همکاران ۲۰۲۰).




**شکل ۱- اثر بودادن با آون و توان‌های مختلف مایکروویو (۶۵۰، ۷۵۰ و ۹۰۰ وات) بر میزان رطوبت دانه‌قهوه سبز**

**Figure 1- Effect of roasting with oven and different microwave powers (650, 750, and 900 watts) on the moisture content of green coffee bean**

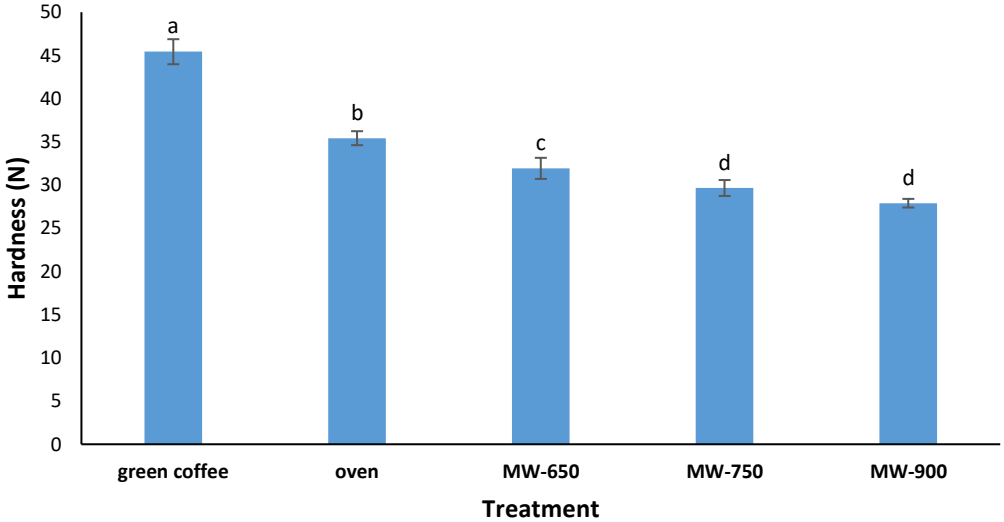
**سختی بافت**

میزان سختی بافت دانه‌های قهوه در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد بودادن اثر معنی‌داری در کاهش سختی بافت دانه قهوه داشته است. به طور کلی هر چه میزان نیرو جهت شکسته شدن دانه کمتر باشد یعنی دانه قهوه تردتر است و براساس نتایج حاصل از بررسی میزان سختی بافت (شکل۲) قهوه سبز دارای بیشترین سختی بود که با اعمال فرایند بودادن به طور معنی‌داری تردتر شد. همانطور که مشاهده می شود قهوه بوداده شده توسط مایکروویو در توان ۹۰۰ وات دارای تردترین و یا همان شکننده ترین بافت بود . بنابراین می توان بیان کرد که استفاده از توان های بالاتر مایکروویو برای فرایند بو دادن باعث کاهش نیروی شکستگی می‌شود. در مطالعه انجام شده توسط اگزاکویک و همکاران (۲۰۱۹) نیز مشاهده شد که با افزایش درجه حرارت بودادن میزان تردی و شکنندگی دانه افزایش یافت. تخریب ساختار دانه‌ها در حین بودادن می‌تواند باعث تغییر در خصوصیات بافتی قهوه شود به طوری که تردی افزایش یافته و مقاومت آن کاهش یابد (حجتی و همکاران ۲۰۱۶).

**ویژگی‌های رنگی**

رنگ از مهمترین عوامل تأثیرگذار در صفات حسی محصولات غذایی است و نقش مهمی در ارزیابی کیفیت غذا توسط مصرف کننده دارد (دانگ و همکاران ۲۰۱۸). رنگ به عنوان یک پارامتر برای کنترل فرآیند در طی خشک کردن و بو دادن استفاده می شود زیرا قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی با دمای مورد استفاده رابطه مستقیم دارد و نظارت بر تغییر رنگ دانه های قهوه در طول خشک کردن و بو دادن برای کنترل و بهینه سازی فرآیند ضروری است (دانگ و همکاران ۲۰۱۸). از مقدار روشنایی یا $L^*$ برای استنباط درجه بودادن استفاده می‌شود. و براساس مطالعات قبلی میزان روشنایی حدود ۳۰، بین ۲۵-۲۰ و کمتر از ۲۰ به ترتیب به درجه بودادن سبک، متوسط و تیره نسبت داده می شود (وانگ و لیم ۲۰۱۵). نتایج اثر بودادن بر پارامترهای رنگی دانه‌های قهوه در جدول ۱ نشان داده شده است. بودادن موجب

کاهش میزان روشنایی دانه‌های قهوه شد که نشان دهنده تیره و قهوه‌ای شدن دانه‌های قهوه در حین بودادن است. بیشترین کاهش در میزان روشنایی در قهوه بوداده شده به روش مایکروویو در توان ۹۰۰ وات مشاهده گردید. همانطور که مشخص است قهوه‌های بوداده شده توسط آون و توان ٦٥٠ مایکروویو منجر به حصول قهوه با درجه بودادن متوسط شده است اما توان مایکروویو ۷۵۰ و ۹۰۰ وات در مدت زمان مشابه باعث ایجاد قهوه با درجه تیره شد. در این مطالعه همچنین میزان زردی یا $b^*$دانه‌های قهوه بوداده شده از دانه‌های سبز بیشتر بود. همانطور که مشاهده می شود میزان افزایش $b^*$ در دانه‌های قهوه بوداده شده توسط آون به طور معنی‌داری از دانه‌های قهوه بوداده شده توسط مایکرویو بیشتر بود. در میان دانه های بو داده شده توسط مایکروویو بیشترین افزایش مقدار $b^*$ به ترتیب در توان ٦٥٠و ۷۵۰ و ۹۰۰ مشاهده شد. به طور کلی افزایش مقدار $b^*$ نشان می‌دهد زردی دانه‌های قهوه سبز پس از بو دادن افزایش یافته است. همانطور که مشاهده می‌شود مقدار $a^*$ دانه‌های قهوه بوداده شده در مقایسه با دانه‌های قهوه سبز افزایش یافته است که نشان دهنده قرمزی بیشتر در دانه‌های بوداده شده است. براساس نتایج بیشترین میزان $a^*$ در دانه‌های بوداده شده توسط مایکروویو در توان ٦٥٠ وات مشاهده شد. با این حال، میزان$a^*$ در تیمارهای مختلف قهوه در محوده ی ۰/۳۸- تا ۳/۸۳ بود که نشان دهنده شدت کم قرمزی دانه های قهوه سبز و بوداده شده بود. در حین فرآیند بودادن، واکنش میلارد اتفاق می‌افتد و باعث تغییر رنگ قهوه می شود (پرامودیتا و همکاران ۲۰۱۷). در مطالعه انجام شده توسط دانگ و همکاران (۲۰۱۸) مقدار $b^*$ و $L^*$ با افزایش مدت زمان خشک شدن دانه‌های قهوه سبز افزایش یافت و در مقابل مقدار $a^*$ تقریباً ثابت بود. در مطالعه دیگر مقدار $L^*$ در نتیجه بودادن کاهش یافت و سرعت این کاهش در دماهای بالاتر بیشتر بود (پرامودیتا و همکاران ۲۰۱۷). نشان داده شده است که واکنش میلاردی که بین کربونیل موجود در قند احیا کننده و آمین موجود در پروتئین‌ها یا اسیدهای آمینه رخ می دهد باعث قهوه ای شدن دانه‌های بوداده می شود و تغییر رنگ ناشی از بودادن عمدتا مربوط به قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی است زیرا آنزیم‌ها در دماهای بالا دناتوره می‌شوند (حجتی و همکاران ٢٠١٦).




**شکل ۲- اثر بودادن با آون و توان‌های مختلف مایکروویو (۶۵۰، ۷۵۰ و ۹۰۰ وات) بر سختی بافت دانه‌قهوه سبز**

**Figure 2- Effect of roasting with oven and different microwave powers (650, 750, and 900 watts) on the texture hardness of green coffee bean**

**جدول۱- اثر بودادن با آون و توان‌های مختلف مایکروویو (۶۵۰، ۷۵۰ و ۹۰۰ وات) بر پارامترهای رنگی دانه‌قهوه سبز**
**Table 1- Effect of roasting with oven and different microwave powers (650, 750, and 900 watts) on the instrumental color parameters of green coffee bean**

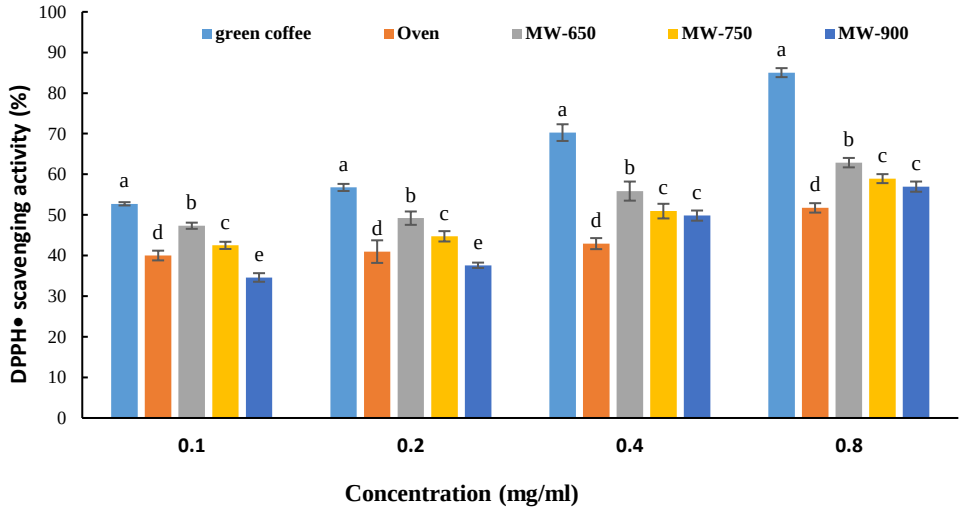
| | green coffee | oven | MW-650 | MW-750 | MW-900 |
|---|---|---|---|---|---|
| ***L**** | 62.16±1.45$^{a}$ | 21.83±0.42$^{b}$ | 21.46±0.83$^{b}$ | 18.91±0.55$^{c}$ | 11.45±0.91$^{d}$ |
| ***a**** | -0.38±0.13$^{c}$ | 2.89±0.25$^{b}$ | 3.83±0.16$^{a}$ | 3.61±0.12$^{a}$ | 2.72±0.21$^{b}$ |
| ***b**** | 18.94±0.43$^{d}$ | 26.34±0.97$^{a}$ | 24.58±0.32$^{b}$ | 22.98±0.61$^{b}$ | 21.05±1.52$^{c}$ |

The values with different superscript letters in a row are significantly different ($p<0.05$).

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی**

نتایج نشان داد که فرایند بودادن فعالیت آنتی اکسیدانی دانه‌های قهوه سبز را به طور معنی‌داری در همه غلظت‌ها کاهش داد. همانطور که مشاهده می‌شود تیمارهای قهوه بوداده شده به روش مایکروویو در امواج ٦٥٠ و ٧٥٠ دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری در مقایسه با تیمار های قهوه بوداده شده به روش آون بودند بنابراین می توان اظهار کرد که قهوه‌های بوداده شده با توان پایین‌تر مایکروویو دارای قابلیت بهتری برای حفظ فعالیت آنتی اکسیدانی بودند. تیمارهای قهوه بوداده شده به روش مایکروویو در امواج ۹۰۰ وات در غلظت ۰/۱ و ۰/۲ میلی گرم بر میلی لیتر دارای فعالیت آنتی اکسیدانی کمتری در مقایسه با تیمارهای بو داده شده به روش آون بودند اما این مسئله در غلظت‌های بالاتر برعکس بود. بوبکووا و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که قهوه سبز عربیکا و روبوستا در مقایسه با قهوه بوداده حاوی ترکیبات پلی-فنول کل و در نتیجه فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری بودند. همچنین پرون و همکاران (۲۰۱۲) نیز کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دانه‌های قهوه سبز را هنگام بودادن گزارش کردند.

اثر آنتی‌اکسیدانی دانه قهوه به دلیل وجود ترکیبات فنلی موجود در آن به ویژه اسید کلروژنیک است (سعید الکالطام و همکاران ۲۰۲۰; نبسنی و بودرین ۲۰۰۳). برخی از ترکیبات فعال زیستی مانند اسیدهای کلروژنیک در طی فرآیند بودادن تخریب می‌شوند که به نوبه خود می‌تواند فعالیت آنتی اکسیدانی دانه قهوه را کاهش دهد (پرون و همکاران ۲۰۱۲). کیفیت ترکیبات زیست‌فعال در دانه قهوه تحت تأثیر عواملی مانند روش خشک کردن و بودادن قرار دارد و روشهای مختلف بودادن مانند استفاده از آون و مایکروویو می‌تواند ترکیبات زیست فعال دانه قهوه را تحت تاثیر قرار دهد(سعید الکالطام و همکاران ۲۰۲۰). همچنین، انتخاب پارامترهای خاص در طی فرآیند بودادن مثل زمان بو دادن ، دمای بودادن ، قدرت مایکروویو و غیره بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی محصول تأثیر زیادی می گذارد(سعید الکالطام و همکاران ۲۰۲۰; دانگ و همکاران ۲۰۱۸; پرامودیتا و همکاران ۲۰۱۷).




**شکل ۳- اثر بودادن با آون و توان‌های مختلف مایکروویو (۶۵۰، ۷۵۰ و ۹۰۰ وات) بر فعالیت مهار رادیکال DPPH دانه‌قهوه سبز**

**Figure 3- Effect of roasting with oven and different microwave powers (650, 750, and 900 watts) on the DPPH scavenging activity of green coffee bean**

The columns with different superscript letters in each concentration are significantly different ($p<0.05$)

### ترکیبات فرّار قهوه

بودادن یک فرآیند بسیار پیچیده است که باتوجه به اعمال دمای بالا واکنش های مختلف فیزیکی و شیمیایی را درپی خواهد داشت که تغییرات زیادی در ترکیب قهوه ایجاد می کند. بنابراین، بودادن به عنوان عامل اصلی تأثیرگذاری بر طعم قهوه ذکر شده است (مونوز و همکاران ۲۰۲۰). ترکیبات موجود در دانه های قهوه در جدول ۲ نشان داده شده است و میانگین غلظت ترکیبات فرار برای هر تیمار، با گروه بندی ترکیبات در شکل ٤ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می شود بودادن موجب افزایش تعداد و مقدار ترکیبات فرار دانه قهوه شد به طوریکه ۵۹ ترکیب فرار در دانه قهوه بوداده شده شناسایی شد. همانطور که در شکل ٤ مشاهده می‌گردد، مقدار کل ترکیبات اسیدی قهوه سبز در اثر بودادن به شدت کاهش یافته و در همه نمونه‌های بوداده شده چندین برابر کاهش یافته است در حالی‌که مقدار ترکیبات الکلی در قهوه سبز بسیار ناچیز بوده که در اثر بودادن به طور معنی‌داری چندین برابر افزایش یافته است. لازم به ذکر است که هیچ ترکیب فنولی در قهوه سبز مشاهده نشده در حالی‌که با بودادن مقادیر ترکیبات فنولی افزایش چشمگیری داشته است. همچنین شکل ٤ نشان می‌دهد که مقادیر ترکیبات کتونی، آلدهیدی، فورانی، پیرازینها و هتروسیکلیک‌ها در اثر بودادن افزایش یافته است. جدول ۲ نشان می‌دهد که فورفوریل الکل، ۲-متیل‌پیرازین، گاما-بوتیرولاکتون و پیریدین ترکیبات غالب موجود در قهوه بوداده بودند. اسیدها (به ویژه استیک اسید)، کتون ها (به ویژه گاما بوتیرولاکتون) و پیرازین ها (به ویژه ۲-متیل پیرازین و پیرازین) ترکیبات غالب موجود در قهوه سبز بودند. در نمونه‌های قهوه بوداده شده کتون‌ها و پیرازین‌ها به عنوان ترکیبات غالب شناسایی شدند. به طور کلی همانطور که مشاهده می‌شود میزان تمام ترکیبات به جز اسیدها در قهوه بوداده شده افزایش یافت اما این افزایش در روش های مختلف بودادن متفاوت بود. نتایج جدول ۲ نشان داد که بیشترین افزایش در مقدار الکل به ترتیب در قهوه بوداده شده توسط مایکروویو (٦۵۰ وات)، مایکروویو (۹۰۰ وات)، آون و مایکروویو (۷۵۰ وات) اندازه‌گیری شد. همچنین بیشترین افزایش در مقدار کتون‌ها به ترتیب در

قهوه بو داده شده توسط آون، مایکروویو (٦٥٠ وات)، مایکروویو (۷۵۰ وات) و مایکروویو (۹۰۰ وات) مشاهده شد. ترتیب افزایش مقدار در پیرازین‌ها به‌ترتیب در قهوه بو داده شده توسط مایکروویو (۹۰۰ وات)، مایکروویو (۷۵۰ وات)، مایکروویو (٦٥٠ وات) و آون مشاهده گردید. در مطالعه حاضر همینطور بیشترین افزایش در ترکیبات فنولیک، هتروسیلیک‌ها و اسیدها در قهوه بوداده شده توسط مایکروویو در توان ٦٥٠ وات مشاهده شد. همانطور که مشاهده می‌شود میزان کل اسیدها به ویژه استیک اسید پس از بو دادن به مقدار زیادی کاهش یافته است. در مطالعه دیویس و همکاران (۲۰۱۹) نیز در راستای مطالعه حاضر میزان برخی از ترکیبات قهوه سبز مانند کلروژنیک اسید در حین بو دادن به مقدار زیادی کاهش یافت و میزان تخریب اسید کلروژنیک در بو دادن طولانی تر و در دمای بالاتر بیشتر بود.

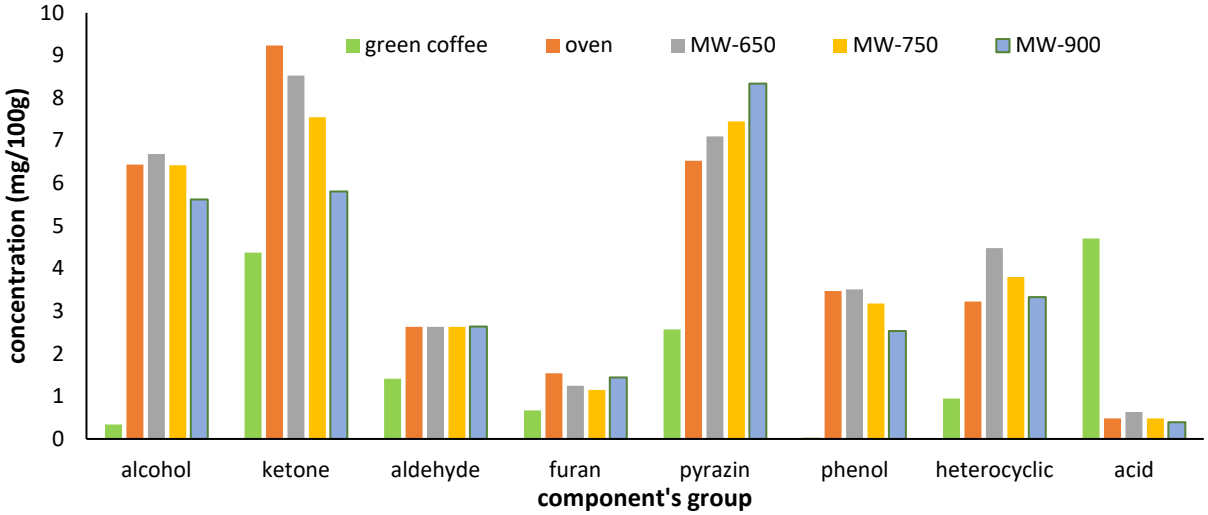
در مطالعات پیشین بیان شده که افزایش پیرازین ها تحت تاثیر زمان و درجه حرارت بودادن قرار دارد و با افزایش دما و زمان میزان این ترکیب افزایش می یابد به طوریکه قهوه بو داده شده دارای درجه تیره حاوی پیرازین بیشتری در مقایسه با قهوه بوداده روشن است (جیاکالون و همکاران ۲۰۱۹) که منطبق با نتیجه مطالعه حاضر است؛ زیرا در این مطالعه نیز با افزایش توان مایکروویو و شدت بیشتر بودادن در زمانهای مشابه میزان پیرازین ها افزایش یافته است و در این تحقیق نمونه‌های بوداده شده با توان‌های ۷۵۰ و ۹۰۰ وات مایکروویو جزو قهوه‌های بوداده شده با درجه تیره محسوب می‌گردند. در مطالعه انجام شده توسط سعید الکالطام و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیان شده که میزان ترکیبات فنلی در اثر بودادن افزایش یافته است که این میزان افزایش در قهوه بوداده شده توسط آون از قهوه بوداده شده توسط مایکرویو بیشتر بود. در مطالعه دیگری که توسط مونوز و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد، مشاهده شد که میزان برخی از ترکیبات فنولیک در حین بودادن به طور معنی‌داری افزایش یافته است که مطابق با مطالعه حاضر است (مونوز و همکاران ۲۰۲۰). همچنین نتایج نشان داد که میزان کافئین در قهوه بوداده شده کاهش یافته است و بیشترین کاهش در میزان این ترکیب به ترتیب در قهوه بو داده شده توسط مایکروویو در توان ۹۰۰ وات و قهوه بو داده شده در آون مشاهده شد.

**جدول ۲- اثر بودادن با آون و توان‌های مختلف مایکروویو (۶۵۰، ۷۵۰ و ۹۰۰ وات) بر نوع و مقدار ترکیبات فرار در دانه‌قهوه سبز (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک)**

**Table 2- Effect of roasting with oven and different microwave powers (650, 750, and 900 watts) on the type and amounts of volatile compounds of green coffee bean (mg/100 g dry weight)**

| Compounds | chemical group | Green* | Oven | MW-650 | MW-750 | MW-900 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2-Methylfuran | furans | 0 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 |
| 2-buten-1-ol | alcohol | 0.34 | 0.27 | 0.34 | 0.39 | 0.34 |
| Butan-2-one | ketones | 0.14 | 0.67 | 1.03 | 1.09 | 0.89 |
| Hexanal | aldehydes | 1.27 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.05 |
| Pyridine | Heterocyclic | 0.08 | 1.98 | 2.87 | 2.43 | 2.05 |
| Pyrazine | Pyrazines | 0.68 | 0.77 | 0.76 | 0.78 | 0.56 |
| 2-Methylpyridine | Heterocyclic | t | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.09 |
| Dihydro-2-methyl-3(2*H*)-furanone | ketone | 0.44 | 0.28 | 0.22 | 0.3 | 0.24 |
| 2-methylpyrazine | Pyrazines | 0.68 | 2,65 | 3.26 | 3.55 | 3.78 |
| 3-Hydroxyl-2-butanone | ketones | 0.54 | 0.05 | 0.41 | 0.27 | 0.11 |
| hydroxyacetone | ketones | t | 0.38 | 0.29 | 0.32 | 0.33 |
| 2,5-dimethylpyrazine | Pyrazines | 0.02 | 0.36 | 0.74 | 0.71 | 0.91 |
| 2,6-dimethylpyrazine | Pyrazines | 0.49 | 0.4 | 0.33 | 0.34 | 0.29 |
| 2-Ethylpyrazine | Pyrazines | t | 0.17 | 0.21 | 0.22 | 0.19 |
| 1-hydroxy-2-butanone | ketones | 0.01 | 0.16 | 0.15 | 0.16 | 0.14 |
| 2,3-dimethylpyrazine | Pyrazines | 0.18 | 0.17 | 0.13 | 0.14 | 0.32 |
| 2-Ethyl-6-methylpyrazine | Pyrazines | 0.04 | 0.31 | 0.27 | 0.21 | 0.49 |
| 2-Ethyl-5-methylpyrazine | Pyrazines | 0.02 | 0.14 | 0.15 | 0.13 | 0.26 |
| 2-Ethyl-3-methylpyrazine | Pyrazines | 0.45 | 0.66 | 0.51 | 0.54 | 0.7 |
| trimethylpyrazine | Pyrazines | 0.01 | 0.33 | 0.28 | 0.31 | 0.3 |
| 2,6-diethylpyrazine | Pyrazines | t | 0.18 | 0.14 | 0.16 | 0.23 |
| 2-amino-4-methylthiazole | sulphide | - | - | t | 0.11 | 1.34 |
| acetic acid | acids | 3.78 | 0.33 | 0.44 | 0.37 | 0.29 |
| Acetonyl acetate | ketones | 0.48 | 0.55 | 0.59 | 0.53 | 0.57 |
| 1-Acetoxy-2-propanone | ketones | - | 0.56 | 0.31 | 0.33 | 0.39 |
| furfural | aldehyde | 0.14 | 1.65 | 1.87 | 1.98 | 1.23 |
| 2-Furfuryl methyl sulphide | sulphide | - | 0.27 | 0.78 | 0.81 | 0.87 |
| 4,4-dimethyl-2-cyclopenten-1-one | ketone | - | 0.09 | 0.09 | 0.05 | 0.07 |
| 2-acetylfuran | furans | 0.04 | 0.77 | 0.56 | 0.57 | 0.63 |
| 1-methylpyrrole | Heterocyclic | 0.63 | 0.54 | 0.57 | 0.54 | 0.51 |
| furfuryl acetate | furans | - | 0.75 | 0.67 | 0.55 | 0.78 |
| propionic acid | acids | 0.22 | 0.14 | 0.18 | 0.11 | 0.1 |
| 2,3-dimethyl-2-cyclopenten-1-one | ketone | - | 0.21 | 0.13 | 0.16 | 0.16 |
| 5-Methylfurfural | aldehyde | - | 0.89 | 0.67 | 0.56 | 1.36 |
| 1-methyl-1H-pyrrole-2-carboxaldehyde | Heterocyclic | 0.1 | 0.14 | 0.56 | 0.34 | 0.39 |
| γ-butyrolactone | ketones | 2.39 | 3.78 | 2.91 | 2.38 | 1.45 |
| furfuryl alcohol | alcohols | - | 4.23 | 4.45 | 4.12 | 4.01 |
| 2-acetyl-1-methylpyrrole | Heterocyclic | - | 0.33 | 0.29 | 0.31 | 0.24 |
| 3-methylbutanoic acid | acids | 0.23 | 0.01 | 0.01 | 0 | 0 |
| 5-methyl-2(*5H*)-furanone | ketone | t | 0.21 | 0.17 | 0.19 | 0.14 |
| Pyrazine carboxamide | pyrazines | - | 0.27 | 0.24 | 0.28 | 0.21 |
| 3-methyl-2(*5H*)-furanone | furanones | - | 0.12 | 0.08 | 0.08 | 0.1 |
| 3-Methyl-2-butenoic acid | acids | 0.47 | t | t | t | t |
| Dihydro-3-methyl-2(3*H*)-furanone | ketone | 0.31 | 0 | 0.08 | 0 | 0 |
| 2-hydroxy-3-methyl-2-cyclopenten-1-one | ketones | - | 1.33 | 1.16 | 1.23 | 1.07 |
| 2-methoxyphenol | phenolic | 0.03 | 1.48 | 1.12 | 1.08 | 0.98 |
| 2-Hydroxy-2,3-dimethyl-2-cyclopenten-1-one | ketones | - | 0.34 | 0.37 | 0.29 | 0.19 |
| maltol | alcohol | - | 1.28 | 1.43 | 1.31 | 1.01 |
| 2-(1H-pyrrol-2-yl)-ethanone | ketones | 0.06 | 0.11 | 0.09 | 0.05 | - |
| phenol | phenolic | - | 0.89 | 1.34 | 1.14 | 0.97 |
| 1-H-pyrrole-2-carboxaldehyde | Heterocyclic | 0.14 | 0.21 | 0.17 | 0.16 | 0.05 |
| 2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone | ketone | - | 0.51 | 0.53 | 0.5 | 0.37 |
| 2-methoxy-4-vinylphenol | phenolic | - | 0.99 | 0.95 | 0.87 | 0.45 |
| Hydroxymaltol | alcohol | - | 0.43 | 0.38 | 0.49 | 0.12 |
| 6-methyl-3-pyridinol | alcohol | - | 0.23 | 0.09 | 0.11 | 0.14 |
| Catechol | phenolic | - | 0.11 | 0.1 | 0.09 | 0.13 |
| Caffeine | others | 2.08 | 0.23 | 0.43 | 0.39 | 0.17 |
| **Total amount (mg/100g)** | | **16.49** | **34.04** | **36.02** | **34.27** | **32.74** |

*Green: green coffee, Oven: oven roasting, MW-650: Microwave 650 watts, MW-750: Microwave 750 watts, MW-900: Microwave 900 watts, t: trace, -: non-detected.

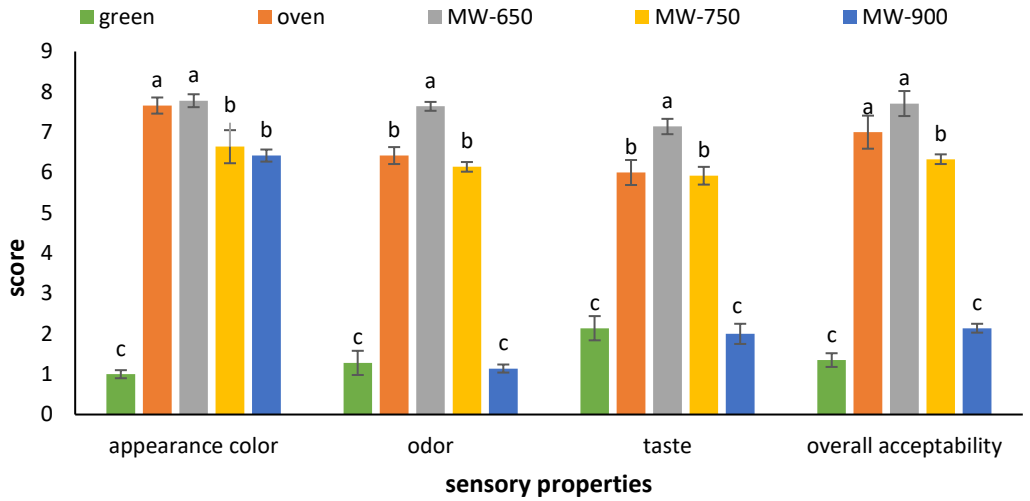



**شکل ۴- اثر بودادن با آون و توان‌های مختلف مایکروویو (۶۵۰، ۷۵۰ و ۹۰۰ وات) بر مقدار ترکیبات فرار در دانه‌قهوه سبز**

**Figure 4- Effect of roasting with oven and different microwave powers (650, 750, and 900 watts) on the amounts of volatile compounds of green coffee bean**

## ویژگی‌های حسی

نتایج ارزیابی حسی در شکل ۵ نشان داده شده است و مشاهده می‌گردد که بودادن تاثیر معنی داری بر خصوصیات حسی قهوه داشت به طوریکه بو دادن منجر به افزایش مقبولیت رنگ ظاهری قهوه شد و قهوه بو داده شده توسط آون و مایکروویو (۶۵۰ وات) دارای بیشترین امتیاز بودند. همچنین قهوه بوداده شده توسط مایکروویو با توان ۶۵۰ وات به طور معنی‌داری نسبت به سایر نمونه‌ها از امتیازات حسی بو و طعم بیشتری برخوردار بود. قهوه بوداده شده با ۶۵۰ وات مایکروویو و آون به طور معنی‌داری بالاترین پذیرش کلی را داشتند در حالیکه نمونه‌های تهیه شده با ۹۰۰ وات مایکروویو به همراه قهوه سبز از کمترین مقبولیت برخوردار بودند که تایید کننده نتایج به دست آمده در بخش بررسی ترکیبات فرار بود که بیشترین میزان ترکیبات فرار در قهوه بو داده شده توسط مایکروویو با توان ۶۵۰ وات مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین امتیاز طعم در قهوه بو داده شده توسط آون و مایکروویو(۶۵۰ وات) مشاهده شد که به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) بیشتر از سایر دانه های قهوه ها بود. همچنین میزان امتیاز داده شده به طعم در قهوه بو داده شده توسط مایکروویو(۷۵۰ وات) به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) بیشتر از قهوه سبز و قهوه بو داده شده توسط مایکروویو(۹۰۰ وات) بود. به طور کلی بیشترین میزان پذیرش به ترتیب در قهوه های بو داده شده توسط مایکروویو(۶۵۰ وات)، آون و مایکروویو(۷۵۰ وات) مشاهده شد اما این اختلاف معنی دار نبود. بودرین و همکاران (۲۰۱۲) نیز مشاهده کردند که استفاده از مایکروویو در بودادن قهوه ربوستا موجب بهبود معنی‌داری در خصوصیات حسی قهوه نسبت به استفاده از هوای داغ گردید.




**شکل ۵- اثر بودادن با آون و توان‌های مختلف مایکروویو (۶۵۰، ۷۵۰ و ۹۰۰ وات) بر ویژگی‌های حسی دانه‌قهوه سبز**

**Figure 5- Effect of roasting with oven and different microwave powers (650, 750, and 900 watts) on the sensory properties of green coffee bean**

The columns with different superscript letters in each sensory properties are significantly different ($p<0.05$)

## نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی استفاده از مایکروویو در توانهای مختلف و هوای داغ آون در بودادن دانه‌های قهوه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی قهوه سبز تاثیرگذار بود. میزان رطوبت و سختی دانه‌های قهوه در اثر بودادن کاهش معنی‌داری یافت. کمترین میزان رطوبت در قهوه بوداده شده توسط مایکروویو در توان ۹۰۰ وات و کمترین سختی در دانه‌های بوداده شده با مایکروویو مشاهده گردید. بودادن موجب کاهش شدت روشنایی و افزایش شدت قرمزی و زردی دانه‌های قهوه شد و در نمونه‌های تیمارشده با مایکروویو در توانهای بالاتر تفاوت بیشتری در خصوصیات رنگی قهوه بوداده شده با آون مشاهده گردید. فرایند بودادن باعث کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی قهوه در غلظتهای مختلف شد. نتایج بررسی ترکیبات فرار نمونه‌های قهوه نشان داد که محتوی کل ترکیبات اسیدی در دانه‌های بو داده شده نسبت به دانه قهوه سبز کاهش معنی‌داری یافت در حالیکه مقادیر ترکیبات الکلی، کتونی، آلدهیدی، فورانی، پیرازینی و فنولیک در قهوه های بو داده نسبت به قهوه سبز افزایش معنی‌داری یافت. در مطالعه حاضر بیشترین میزان ترکیبات فرار در قهوه بو داده شده توسط مایکروویو در توان ۶۵۰ وات مشاهده شد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که بودادن منجر به افزایش مقبولیت رنگ ظاهری قهوه شد و قهوه بو داده شده توسط آون و مایکروویو(۶۵۰ وات) دارای بیشترین امتیاز بودند. همچنین قهوه بو داده شده توسط مایکروویو با توان ۶۵۰ وات به طور معنی داری نسبت به سایر نمونه ها از امتیاز بو و عطر بالایی برخوردار بود. قهوه بو داده شده با ۶۵۰ وات مایکروویو و آون به طور معنی داری بالاترین پذیرش کلی را داشتند. براساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان استفاده از مایکروویو در توان‌های متوسط مثل ۶۵۰ وات را به دلیل قابلیت ایجاد ترکیبات معطر بیشتر در دانه های قهوه، پذیرش حسی بهتر و فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتر به عنوان یک روش مطلوب برای بو دادن دانه‌های قهوه پیشنهاد کرد.

**منابع مورد استفاده**

تقوی ن، ناطقی ل و برنجی ش، ۱۳۹۷، امکان سنجی تولید بستنی فراسودمند بر پایه فیبر قهوه سبز و دانه‌های کفیر. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۸(۲)، ۱۷۷-۱۶۱.

Aguiar J, Estevinho BN, and Santos L, 2016. Microencapsulation of natural antioxidants for food application--the specific case of coffee antioxidants-A review. Trends in Food Science and Technology 58: 21–39.

Alinezhad M, Hojjati M, Barzegar H, Shahbazi S, and Askari H, 2021. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties of pistachio (*Pistacia vera* L.) nuts. Journal of Food Measurement and Characterization 15: 199–209.

Bobková A, Hudáček M, Jakabová S, Belej Ľ, Capcarová M, Čurlej J, Bobko M, Árvay J, Jakab I, Čapla J, and Demianová A, 2020. The effect of roasting on the total polyphenols and antioxidant activity of coffee. Journal of Environmental Science and Health Part B 55(5): 495-500.

Baggenstoss J, Poisson L, Kaegi R, Perren R, and Escher F, 2008. Coffee roasting and aroma formation: application of different time- temperature conditions. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 5836–5846.

Bothiraj KV, and Vanitha V, 2020. Green coffee bean seed and their role in antioxidant–A review. International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences 11(1): 233-240.

Budryn G, Nebesny E, Żyżelewicz D, Oracz J, Miśkiewicz K, and Rosicka-Kaczmarek J, 2012. Influence of roasting conditions on fatty acids and oxidative changes of Robusta coffee oil. European Journal of Lipid Science and Technology 114:1052–1061.

Ciaramelli C, Palmioli A, and Airoldi C, 2019. Coffee variety, origin and extraction procedure: Implications for coffee beneficial effects on human health. Food Chemistry 278:47-55.

Diviš P, Pořízka J, and Kříkala J, 2019. The effect of coffee beans roasting on its chemical composition. Slovak Journal of Food Sciences 13(1): 344–350.

Dong W, Cheng K, Hu R, Chu Z, Zhao J, Long Y, 2018. Effect of microwave vacuum drying on the drying characteristics, color, microstructure, and antioxidant activity of green coffee beans. Molecules 23(5):1146.

Giacalone D, Degn TK, Yang N, Liu C, Fisk I, and Münchow M, 2019. Common roasting defects in coffee: Aroma composition, sensory characterization and consumer perception. Food Quality and Preference 71: 463–474.

Gökcen BB, and Şanlier N, 2019. Coffee consumption and disease correlations. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 59(2): 336-348.

Hojjati M, Lipan L, and Carbonell-Barrachina ÁA, 2016. Effect of roasting on physicochemical properties of wild almonds (*Amygdalus scoparia*). Journal of the American Oil Chemists' Society 93(9): 1211-1220.

Kim JW, Byun MS, Yi D, Lee JH, Jeon SY, Jung G, Lee HN, Sohn BK, Lee, JY, Kim YK, and Shin SA, 2019. Coffee intake and decreased amyloid pathology in human brain. Translational Psychiatry 9(1): 1-10.

Muñoz AE, Hernández SS, Tolosa AR, Burillo SP, and Herrera MO, 2020. Evaluation of differences in the antioxidant capacity and phenolic compounds of green and roasted coffee and their relationship with sensory properties. LWT 128:109457.

Nebesny E, and Budryn G, 2003. Antioxidative activity of green and roasted coffee beans as influenced by convection and microwave roasting methods and content of certain compounds. European Food Research and Technology 217: 157–163.

Nebesny E, Budryn G, Kula J, Majda T, 2007. The effect of roasting method on headspace composition of robusta coffee bean aroma. European Food Research and Technology 225:9–19.

O'Keefe JH, DiNicolantonio JJ, and Lavie CJ, 2018. Coffee for cardioprotection and longevity. Progress in Cardiovascular Diseases 61(1): 38-42.

Odžaković B, Džinić N, Jokanović M, and Grujić S, 2019. The influence of roasting temperature on the physical properties of Arabica and Robusta coffee. Acta Periodica Technologica 50:172-178.

Pan MH, Tung YC, Yang G, Li S, and Ho CT, 2016. Molecular mechanisms of the anti-obesity effect of

bioactive compounds in tea and coffee. Food and Function 7: 4481–4491.

Perrone D, Farah A, and Donangelo CM, 2012. Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. Journal of agricultural and food chemistry 60(17): 4265-4275.

Pittia P, Dalla Rosa M, and Lerici C, 2001. Textural Changes of Coffee Beans as Affected by Roasting Conditions. LWT 34: 168-175.

Pramudita D, Araki T, Sagara Y, and Tambunan AH, 2017. Roasting and colouring curves for coffee beans with broad time-temperature variations. Food and Bioprocess Technology 10(8):1509-1520.

Saeed Alkaltham M, Musa Özcan M, Uslu N, Salamatullah AM, Hayat K, 2020. Effect of microwave and oven roasting methods on total phenol, antioxidant activity, phenolic compounds, and fatty acid compositions of coffee beans. Journal of Food Processing and Preservation 44: 1–9.

Schenker S, Heinemann C, Huber M, Pompizzi R, Perren R, Escher F, 2002. Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. Journal of Food Science 67: 60–66.

Shahidi F, and Nazck M, 1995. Food Phenolic Sources Chemistry Effects Applications, p 331. Lancaster-Basel: Technomic Publishing Company.

Wang X, and Lim LT, 2015. Physicochemical Characteristics of Roasted Coffee, In: Coffee in Health and Disease Prevention, Pp247–254. Academic Press.

Zhao Y, Jiang Y, Zheng B, Zhuang W, Zheng Y, and Tian Y, 2017. Influence of microwave vacuum drying on glass transition temperature, gelatinization temperature, physical and chemical qualities of lotus seeds. Food chemistry 228: 167–176.

Journal of Food Research, 2023,33(1):33-48
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir
OPEN ACCESS

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)

DOI: 10.22034/FR.2021.47718.1805

# Study of the effect of microwave roasting method on volatile compounds and some physicochemical attributes and sensory properties of green coffee bean

**MR Mehrbod[1], M Hojjati[2*] and H Ezzatpanah[3]**

Received: August 31, 2021 Accepted: November 10, 2021
[1]MSc Graduated, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[2]Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
[3] Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
*Corresponding author: Email: hojjati@asnruk.ac.ir

**Introduction:** Coffee is one of the most popular beverages in the world, which contains large amounts of bioactive compounds and micronutrients that have beneficial effects on human health. Raw and unprocessed coffee beans are green and have a weak flavor and must be roasted before consumption to achieve the desired taste and flavor. The composition of coffee varies greatly during roasting and many factors, including the roasting method, have a great impact on the type and amount of compounds in coffee. Microwave as one of the roasting methods has advantages that have expanded its application in food processing. The aim of this study was to compare the effect of using the microwave as one of the roasting methods on the physicochemical including the moisture content, hardness, instrumental color, antioxidant activity, type and amounts of aromatic compounds, and sensory properties of green coffee beans with the common method of using hot air. For this purpose, 200 g of coffee beans of uniform size were used for each one of the roasting treatments.
**Materials and methods:** In the present study, Arabica green coffee (Coffea arabica) beans produced in Brazil were roasted using direct oven hot-air (220 °C) for 15 minutes and various microwave powers (650, 750, and 900 watts) for 1.5 minutes. Moisture content was measured by accurately weighing ground coffee samples after drying them in an oven at 105 °C until constant weight. The hardness of coffee beans was investigated using a wedge probe (A/WEG) connected to a Texture Analyzer TA-XT2i equipped with a load cell of 25 kg. Instrumental color characteristics including lightness (L*), redness (a*), and yellowness (b*) were measured using a Konica Minolta Colorimeter CR-400. The antioxidant activity of coffee beans was assessed by DPPH• radical scavenging assay. The aromatic compounds of coffee samples were extracted and identified by the solid-phase microextraction (SPME) method and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), respectively. Organoleptic attributes of brewed coffee samples including appearance color, odor intensity, taste, and overall acceptability were evaluated with a group of 10-trained panelists using an 11-point scale.

All experiments were carried out using a completely randomized factorial design and the data reported were the mean of a minimum of three replicates.
One-way analysis of variance (ANOVA) test was taken using SPSS Software and Duncan's multiple range test was used to show significant differences of the mean values at $P \leq 0.05$.
**Results and discussion:** The results of data analysis showed that the moisture content of coffee beans was significantly reduced by roasting and the lowest moisture content was observed in coffee roasted by microwave at 900 watts. The results also showed that roasting reduced the hardness of coffee and microwave-roasted beans had less hardness and the lowest texture hardness was observed in microwave-roasted coffee beans at 900 watts. Roasting decreased the lightness (L*) and increased the intensity of redness (a*) and yellowness (b*) of coffee beans, and in microwave-treated samples at higher powers, more differences were observed in the instrumental color characteristics of roasted coffee with the oven. The results revealed that the roasting process reduced the antioxidant activity of coffee in different concentrations; however, microwave-roasted coffees had more antioxidant activity than oven-roasted coffees. The results of the analysis of volatile compounds of coffee samples using solid-phase microextraction method by gas chromatography-mass spectrometer (SPME-GC/MS) showed that the content of total acidic compounds in roasted beans was significantly reduced compared to green coffee beans, while the amounts of alcoholic, ketone, aldehyde, furan, pyrazine and phenolic components in roasted coffees raised significantly compared to green coffee. The results showed that the roasting method had a significant effect on the type and amount of volatile compounds in coffee ($p<0.05$). During the roasting process, some compounds were completely destroyed and some new compounds appeared instead. In the present study, the highest amount of volatile compounds was observed in coffee roasted by microwave at 650 watts. Furfuryl alcohol, 2-methylpyrazine γ-butyrolactone, and Pyridine were the predominant volatile compounds in roasted coffee. The results of the sensory evaluation showed that roasting had a significant effect on the sensory properties of coffee, so that roasting increased the acceptance of the appearance color of coffee, and coffee roasted by oven and microwave (650 watts) had the highest score. In addition, coffee roasted by microwave with a power of 650 watts had a significantly higher odor and taste score. Roasted coffee with 650 watts of microwave and oven had the highest overall acceptability, while samples prepared with 900 watts of the microwave with green coffee had the lowest overall acceptability.
**Conclusion:** In conclusion, based on the results of the present study, it could be stated that the use of microwave power at 650 watts due to the ability to create more aromatic components in coffee beans, better sensory acceptance, and more antioxidant activity could be a suitable method for roasting coffee beans.

**Keywords:** Coffee, Roasting, Antioxidant activity, Gas chromatography, Aromatic compounds