

# مدل سازی اثر برشته کردن با مایکروویو بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه هندوانه آجیلی و بهینه سازی آن

زهرا غلامی<sup>۱</sup> و سارا انصاری<sup>۱\*</sup>

گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۱۳

## چکیده:

دانه هندوانه برشته شده در اکثر نقاط دنیا به عنوان میان وعده مصرف می‌شود. در این پژوهش از روش سطح پاسخ جهت بررسی تاثیر برشته شدن با مایکروویو بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه هندوانه آجیلی استفاده گردید. طرح مرکب مرکزی با دو عامل توان و زمان برشته کردن با مایکروویو هر کدام در سه سطح بر میزان رطوبت، بافت، پارامترهای رنگ، میزان فنول و فعالیت آنتی اکسیدانی دانه هندوانه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که با افزایش فاکتورهای فرآیند میزان رطوبت، سفتی بافت و تغییرات کلی رنگ محصول کاهش یافته، در حالی که ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش می‌یابد. تاثیرات خطی، درجه دوم و نیز متقابل هریک از متغیرهای مستقل توان و زمان مایکروویو بر میزان رطوبت، سفتی بافت و فنول کلی معنی دار ( $p < 0/05$ ) بود. اما در رابطه با تغییرات رنگ و فعالیت آنتی اکسیدانی تمام عوامل به جز اثر متقابل توان و زمان مایکروویو تاثیر معنی داری نشان می‌دادند. مدل های درجه دوم توسعه یافته توسط روش سطح پاسخ جهت توصیف تغییرات کلیه پاسخ های فوق (بعجز فنول کل) مناسب بودند. این در حالی است که ترکیبات فنولی توسط معادلات برهمکنشی با توان و زمان مایکروویو ارتباط داشتند. در انتها بهینه سازی شرایط فرآیند برشته کردن انجام گرفت که مدل ارائه شده نتایج بسیار نزدیکی با یافته های آزمایش بدست آمده نشان می‌داد (درجه مطلوبیت برابر ۰/۸).

**واژه های کلیدی:** برشته کردن، روش سطح پاسخ، دانه هندوانه، خصوصیات فیزیکوشیمیایی

\*مسئول مکاتبات: (ansari@kau.ac.ir) (ansari.fse@gmail.com)

## ۱- مقدمه:

هندوانه با نام علمی *Citrulus lanatus* از خانواده کدوئیان، یکی از مهم‌ترین محصولات از نظر اقتصادی است که به خوبی در هر دو نوع آب و هوای معتدل و استوایی رشد می‌کند. این میوه بومی آفریقای جنوبی بوده که به علت تنوع آب و هوایی در ایران و سازگاری این محصول با این شرایط در نقاط مختلف کشور کشت می‌شود (۱). طبق آمار منتشر شده توسط فائو<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) ایران با تولید سالیانه ۳/۶ میلیون تن سومین کشور تولید کننده هندوانه در جهان پس از چین (۷۴/۸ میلیون تن) و ترکیه (۳/۹ میلیون تن) می‌باشد که پس از آن برزیل (۲/۲ میلیون تن)، مصر (۲ میلیون تن) و آمریکا (۱/۸) به ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند (۲). استان‌های عمده کشت هندوانه شامل هرمزگان، خوزستان، کرمان، فارس، سیستان و بلوچستان است و هر ساله از استان‌های جنوبی این محصول به کشورهای حاشیه خلیج فارس صادر می‌گردد (۱). دانه‌های هندوانه یکی از مهمترین ضایعات تولیدی از این محصول است. گرچه در حال حاضر تکنولوژی برای مغز کردن این دانه وجود دارد. اما تنها بخش کوچکی از این محصول کشاورزی از نظر تجاری فرایند و مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالی که بخش اعظم آن بدلیل مشکلات عملی دور ریخته می‌شود. پروتئین و چربی حدود ۷۵٪ از وزن این دانه را به خود اختصاص می‌دهند. این دانه جزء دسته دانه‌های روغنی طبقه بندی شده، گرچه از این نظر کمتر مورد توجه قرار گرفته است (۳). در برخی نقاط دنیا نظیر کشورهای خاورمیانه و نیجریه از دانه‌های هندوانه برای استخراج روغن پخت و پز استفاده می‌شود. گرچه در اغلب کشورها کاربرد آن محدود به عنوان افزودنی می‌باشد. همچنین از این دانه به عنوان چاشنی دهنده، قوام دهنده در سوپ، اتصال دهنده چربی، طعم دهنده و یک میان وعده در اکثر نقاط جهان استفاده می‌شود (۴، ۳). برشته کردن یا بو دادن یک فرایند ضروری جهت بهبود طعم، رنگ، بافت و ظاهر محصول می‌باشد. بعلاوه اسید آمینه‌های آزاد، پپتیدها، اسیدهای چرب،

ویتامین E، فیتواسترول‌ها و لیگنان‌ها نیز طی برشته کردن تغییر می‌یابند. آنزیم‌ها نیز که موجب افت تغذیه‌ای می‌شوند غیرفعال شده و میکروارگانیسم‌های نامطلوب، توکسین‌ها، آلرژن‌ها و آلاینده‌های غذایی نیز می‌توانند تخریب شوند (۵). برشته کردن می‌تواند به روش‌های مختلفی انجام شود که در این میان می‌توان به حرارت دهی با مایکروویو اشاره کرد. از مزایای موثر این روش سرعت عملیات، صرفه جویی در مصرف انرژی، امکان کنترل دقیق فرآیند و امکان روشن و خاموش کردن سریع می‌باشد (۶). محققین زیادی اثر مایکروویو بر برشته کردن محصولات غذایی و نیز روغن استخراجی از آنها را مطالعه کردند که در این میان می‌توان به دانه زیره سبز (۷)، بادام زمینی (۸)، تخمه آفتابگردان (۹)، کدو (۱۰)، کنجد (۱۱)، لوبیای قهوه (۱۲)، پسته (۱۳)، فندق (۶) و سویا (۱۴) اشاره کرد. بیهرا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی به مطالعه دو روش حرارت دهی مایکروویو معمولی جهت برشته کردن دانه زیره سبز پرداختند. آنها دریافتند که نمونه‌های حرارت دیده با مایکروویو ترکیبات طعمی بیشتری (نظیر آلدهیدها) در مقایسه با نمونه‌های برشته شده به روش معمولی داشتند (۷). در مطالعه دیگر بر روی دانه‌های کدو محققین به این نتیجه دست یافتند که مایکروویو هیچ اثر مضر بر کیفیت روغن آن نداشته و برشته کردن با مایکروویو در زمان‌های کوتاه جهت کاهش رطوبت دانه و به تاخیر انداختن فساد آن را پیشنهاد دادند (۱۴). نبسنی<sup>۳</sup> و بادرن<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) هم گزارش کردند که استفاده از مایکروویو، هیدروکسی متیل فورفورال<sup>۵</sup> کمتری را نسبت به روش معمول حرارت دهی طی برشته کردن لوبیای قهوه تولید می‌کند (۱۲). نرم افزار سطح پاسخ ابزاری مفید جهت توصیف شاخص‌های کیفی طی فرآیند کردن غذا می‌باشد. از مزایای این روش قابلیت آن در کاهش تعداد تیمارهای آزمایشگاهی جهت تامین اطلاعات کافی برای بدست آوردن نتایج صحیح از نظر آماری می‌باشد. بهینه سازی

<sup>2</sup> Behera<sup>3</sup> Nebesny<sup>4</sup> Budryn<sup>5</sup> Hydroxy methyl furfural (HMF)<sup>1</sup> FAO

## ۲-۲ طراحی آزمایش و آنالیز آماری

از روش سطح پاسخ با طرح مرکب مرکزی<sup>۱</sup> به عنوان طرح آزمایش در تحقیق حاضر استفاده شده است. طرح مرکب مرکزی شامل دو متغیر توان زمان و توان مایکروویو (هر کدام در سه سطح) و در مجموع شامل ۱۳ آزمایش بود. جدول ۱ طراحی آزمایش مقادیر واقعی و کد شده متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد. متغیرهای وابسته در این طرح شامل میزان رطوبت، تغییر رنگ، سختی بافت، فعالیت فنولی و آنتی اکسیدانی بودند. جهت آنالیز واریانس (ANOVA) از آزمون F استفاده گردید. جداول ANOVA و ضرایب رگرسیونی هر کدام از عبارت های خطی<sup>۲</sup>، درجه دو<sup>۳</sup> و برهمکنشی<sup>۴</sup> تعیین شد. درجه معنی دار بودن تمامی پارامترها در معادلات چند جمله ای<sup>۵</sup> از نظر آماری با محاسبه پارامتر F در سطوح ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۵ تعیین گردید. از ضرایب رگرسیونی جهت انجام محاسبات آماری و رسم منحنی های کانٹوری از مدل های رگرسیونی استفاده شد. تمامی آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار سطح پاسخ<sup>۶</sup> (هنپین، مینیسوتا) انجام گردید (۱۷).

فرآیند برشته کردن با نرم افزار فوق، برای لوبیای قهوه (۱۵)، مغز پسته (۱۶)، فندق (۶) و نوشیدنی ذرت شبه قهوه (۱۷) انجام شده است. براساس مطالعات موجود تاکنون تحقیقات محدودی در زمینه برشته کردن دانه های هندوانه صورت گرفته است. در نظر گرفتن فاکتورهای متعدد جهت بهینه سازی برشته کردن دانه هندوانه امکان تولید محصولی با بهترین کیفیت را فراهم می‌کند. هدف از این مطالعه تعیین تاثیر متغیرهای توان و زمان مایکروویو بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه هندوانه طی برشته کردن و ارائه مدل های مناسب جهت توصیف پاسخ های فوق می‌باشد. در انتها تاثیرات گفته شده توسط روش سطح پاسخ بهینه سازی خواهد شد.

## ۲- مواد و روش ها:

### ۲-۱ مواد اولیه

دانه هندوانه آجیلی از مزرعه ای در کازرون استان فارس تهیه شد. پس از سورتینگ اولیه، دانه ها تا رسیدن به وزن ثابت در معرض نور خورشید خشک شدند. سپس دانه های سالم و یکنواخت از نظر اندازه برای فرایند برشته کردن مورد استفاده قرار گرفتند. برای انجام فرایند برشته کردن حدود ۵۰ گرم از دانه هندوانه بصورت یک لایه در پتری دیش های پیرکس قرار داده شده، پس از بستن درب آنها از دستگاه مایکروویو (مدل D۳۸۵۰، ساخت کره) با توان ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ وات و زمان ۱۸ تا ۳۰ دقیقه برای برشته کردن استفاده گردید. پس از تعادل دمایی با محیط نمونه ها در کیسه های پلی اتیلنی بسته بندی و تا زمان آزمون در دمای ۴ درجه سانتی گراد بسته بندی شدند.

<sup>1</sup> Central composite design (CCD)

<sup>2</sup> Linear

<sup>3</sup> Quadratic

<sup>4</sup> Interaction

<sup>5</sup> Polynomial

<sup>6</sup> Design Expert

جدول ۱: مقادیر کد شده و سطوح متغیرهای مستقل فرایند برشته کردن دانه هندوانه با مایکروویو

کد و سطوح مربوطه		متغیرهای مستقل	
۱	۰	-۱	توان (وات)(A)
۱۰۰۰	۸۰۰	۶۰۰	زمان (دقیقه)(B)
۳۰	۱۸	۶	

### ۲-۳-۳ آزمون ها:

ترکیب شیمیایی دانه هندوانه خام مورد استفاده شامل رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر خام، کربوهیدرات و خاکستر بر اساس استاندارد تعیین شد (۱۸). سایر آزمون ها بر روی نمونه های برشته شده به قرار زیر انجام گردید.

### ۲-۳-۱ ارزیابی رطوبت:

جهت اندازه گیری رطوبت نمونه ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. محاسبات با توجه به وزن اولیه دانه های هندوانه برشته شده قبل و بعد از قرار دادن در آون انجام گردید (۱۸).

### ۲-۳-۲ ارزیابی رنگ دانه های برشته شده هندوانه

اندازه گیری رنگ به روش عکس برداری دیجیتال در اتاقک مخصوص تحت شرایط کنترل شده (از نظر شدت نور و فاصله دوربین) انجام و آنالیز عکس ها در برنامه فتوشاپ نسخه CS2 صورت می گیرد. در این سیستم مولفه  $a^*$  نشان دهنده قرمزی و سبزی ( $a^+$  میزان قرمز بودن و  $a^-$  میزان سبز بودن)، مولفه  $b^*$  نشان دهنده میزان زردی و آبی بودن ( $b^+$  میزان زرد بودن و  $b^-$  میزان آبی بودن) و مولفه  $L^*$  نشان دهنده میزان قرار داده شده و عکسبرداری در شرایطی که زاویه بین عدسی دوربین و محور منبع نوری حدود ۴۵ درجه است انجام شد. پس از استخراج پارامترهای رنگی  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  تغییرات رنگ ( $\Delta E$ ) از فرمول زیر بدست آمد (۱۹).

رابطه (۱-۲)

$$\Delta E = \sqrt{(L_i - L_o)^2 + (a_i - a_o)^2 + (b_i - b_o)^2}$$

که در آن اندیس i نشان دهنده عدد قرائت شده نمونه مورد نظر و اندیس o نشان دهنده عدد قرائت شده نمونه کنترل می باشد.

### ۲-۳-۳ سنجش بافت

ارزیابی بافت نمونه های برشته شده با انجام آزمون فشردگی تک محوره به کمک دستگاه بافت سنج بروکفیلد<sup>۱</sup> (مدل H50 ks ، ساخت انگلستان) انجام پذیرفت. برای این منظور تخمه های هندوانه با ابعاد (یا ضخامت) نسبتاً یکسان به کمک یک پروب با سطح مقطع استوانه ای به قطر ۳۰ میلی متر که با سرعت ۲۵ میلی متر بر ثانیه به طرف پایین حرکت می کند فشرده شده تا زمانی که شکسته شوند. دما هنگام انجام آزمون حدود ۲۵ درجه سانتی گراد و ارزیابی بافت نمونه ها بلافاصله پس از باز کردن در بسته های پلاستیکی انجام شد. بیشینه نیروی ثبت شده برای شکستن نمونه ها تحت عنوان نیروی شکست ثبت گردید.

### ۲-۳-۴ اندازه گیری فنول کل:

حدود ۲ گرم از دانه هندوانه آسیاب شده به فلاسک ۲۰ میلی لیتری حاوی محلول متانول ۸۰ درصد اضافه شد. نمونه در شیکر با دور ۲۰۰ rpm به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط گردید. سپس مخلوط حاصله در سانتریفیوژ با دور  $10000 \times g$  در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی برای اندازه گیری ترکیبات فنولیک و آنتی اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت (۲۰). تعیین کمی فنل کل به وسیله رنگ سنجی و به روش فولین سیوکالتیو<sup>۲</sup> بر پایه واکنش معرف فوق با گروه های هیدروکسیل فعال ترکیبات فنولیک تعیین شد. به محلول های رقیق عصاره بدست آمده متانول ۸۰ درصد و سدیم کربنات ۷/۵ درصد و سپس معرف فولین-سیوکالتیو اضافه گردید. سپس نمونه ها همگی در بن ماری در دمای ۴۰-۴۵ درجه سلسیوس به

<sup>1</sup> Brookfield

<sup>2</sup> Folin-Ciocalteu

استخراجی ۴۰ میلی لیتر متانول و کمتر از ۱ میلی لیتر پتاس متانولی ۱ نرمال اضافه گردید. مخلوط حاصل سانتریفیوژ و ۱ میکرولیتر از محلول شفاف رویی مستقیماً به ستون کروماتوگرافی به طول ۳۰ متر و دمای ۲۲۰ درجه سانتی گراد تزریق شد. نمونه تزریق شده با سرعت ۰/۵ میلی لیتر در دقیقه و توسط گاز هلیوم در طول ستون حرکت کرده، اسیدهای چرب موجود در نمونه بر اساس وزن مولکولی به آشکارساز رسیده و در نهایت از طریق نرم افزار پیک های خروجی مورد بررسی قرار گرفت (۶).

### ۳- نتایج و بحث:

تاثیر فرآیند برشته کردن بر برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی دانه هندوانه در قالب آزمون طرح مرکب مرکزی و با ۵ نقطه مرکزی با دو متغیر مستقل توان و زمان مایکروویو هر کدام در سه سطح صورت گرفت. مقدار رطوبت، چربی و پروتئین دانه هندوانه خام مورد استفاده به ترتیب برابر با ۳ درصد (بر اساس وزن خشک یا مرطوب)، ۱۹/۶ درصد و ۱۵/۸ درصد بود. در جدول ۲ اثر متغیرهای مستقل توان و زمان مایکروویو بر میزان رطوبت، ترکیبات فنولی، فعالیت آنتی اکسیدانی، سفتی بافت و تغییر رنگ کل دانه های هندوانه طی فرآیند برشته کردن نشان داده شده است. داده های آزمایشی فوق با استفاده از رابطه های خطی و چند جمله ای درجه دوم برای بدست آوردن مدل های تجربی مناسب جهت پیش بینی پاسخ ها برازش شدند. سپس این مدل ها آنالیز آماری شدند تا مدل های مناسب گزینش گردید.

مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند. میزان جذب رنگ نمونه توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه گیری و میزان کل ترکیبات فنولی از منحنی استاندارد گالیک اسید بر گرم وزن تازه (FWGAE/g) بدست می آید (۲۰).

### ۵-۳-۲ اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی

بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه ها از طریق ارزیابی میزان مهار رادیکال های آزاد انجام گرفت. در این روش ابتدا محلول استوک ۲ و ۲-دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل<sup>۱</sup> توسط حل کردن ۲۴ میلی گرم پودر DPPH در ۱۰۰ میلی گرم متانول تهیه شد. سپس ۳ میلی لیتر از عصاره دانه های هندوانه، با ۳ میلی لیتر متانول به ۱ میلی لیتر DPPH اضافه و محلول بدست آمده به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی نگهداری گردید. سپس میزان جذب نمونه ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با اسپکتروفتومتر قرائت شد. لازم به ذکر است که در نمونه کنترل، ۳ میلی لیتر متانول جایگزین نمونه اصلی شد. در نهایت درصد مهار رادیکال های DPPH توسط نمونه ها با فرمول زیر محاسبه گردید (۲۰).

رابطه (۲-۲)

$$100 \times \frac{\text{میزان جذب نمونه} - \text{شاخص میزان جذب نمونه}}{\text{میزان جذب نمونه شاهد}} = \text{درصد به دام انداختن رادیکال آزاد}$$

### ۶-۳-۲ اندازه گیری اسیدهای چرب آزاد:

اسیدچرب های آزاد دانه های هندوانه خام و برشته شده در نقطه بهینه با روش کروماتوگرافی گازی مجهز به دیتکتور یونیزاسیون شعله ای انجام گردید. روغن نمونه های آسیاب شده به روش سرد و با استفاده از حلال n-هگزان استخراج شد. جهت استری کردن اسیدهای چرب آزاد روغن

<sup>1</sup> 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH)

<sup>2</sup> Flame ionization detector (FID)

جدول ۲: نتایج آزمون ها در نقاط مشخص شده با طرح مرکب مرکزی

تیمارها	رطوبت (%)	نیرو (نیوتن)	تغییر رنگ کل	فنول کل (%)	فعالیت آنتی اکسیدانی (%)
۱	۰/۸۴	۲/۹۹	۵/۴۲	۲/۱۸	۳۲/۷۱
۲	۰/۳۲	۳/۶۰	۳/۱۵	۴/۴۵	۳۹/۵۴
۳	۰/۷۸	۳/۲۱	۵/۸۸	۲/۷۱	۳۸/۷۰
۴	۱/۲۹	۵/۶۰	۶/۱۲	۱/۹۰	۲۹/۴۲
۵	۰/۹۸	۶/۵۱	۶/۶۲	۲/۰۴	۳۲/۵۰
۶	۰/۶۶	۴/۸۴	۴/۷۳	۲/۳۶	۳۴/۲۴
۷	۰/۵۱	۳/۸۴	۳/۸۸	۳/۳۶	۳۸/۵۰
۸	۰/۸۶	۳/۹۱	۵/۵۶	۲/۶۳	۴۰/۸۹
۹	۰/۹۳	۳/۶۱	۵/۳۰	۲/۶۶	۳۹/۵۲
۱۰	۱/۶۴	۸/۶۴	۷/۳۳	۱/۵۲	۲۵/۱۹
۱۱	۰/۸۵	۳/۸۸	۵/۸۸	۲/۷۳	۳۸/۹۳
۱۲	۰/۸۸	۳/۴۴	۵/۷۶	۲/۵۸	۳۹/۱۵
۱۳	۰/۴۹	۲/۰۴	۴/۹۸	۳/۴۲	۴۱/۵۸

می‌دهد روابط بین پارامترهای توان و زمان مایکروویو با میزان رطوبت، سفتی بافت، تغییر رنگ کل و فعالیت آنتی اکسیدانی بصورت درجه دوم و با ترکیبات فنولی بصورت متقابلی می‌باشد. معادله های بدست آمده مربوط به هر پاسخ در جدول ۴ آمده است.

در جدول ۳ تجزیه واریانس (ANOVA) و میزان عدم برازش با مقدار  $R^2$  پاسخ ها نشان داده شده است. با استفاده از جدول آنالیز واریانس، معنی دار بودن تاثیرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل های رگرسیونی برای هر پاسخ بررسی می‌گردد. همان طور که جدول فوق نشان

جدول ۳: جدول تجزیه واریانس برای هر یک از پاسخ ها

تغییر رنگ کل		سفتی بافت		فعالیت آنتی اکسیدانی		فنول کل		محتوای رطوبتی		
عدد P	مجموع مربعات	عدد P	مجموع مربعات	عدد P	مجموع مربعات	عدد P	مجموع مربعات	عدد P	مجموع مربعات	
< ۰/۰۰۰	۱۴/۱۰	< ۰/۰۰۰	۳۵/۱۵	< ۰/۰۰۰	۲۹۰/۶۳	< ۰/۰۰۰	۶/۸۳	< ۰/۰۰۰	۱/۳۹	مدل
< ۰/۰۰۰	۴/۳۹	< ۰/۰۰۰	۲۱/۵۱	< ۰/۰۰۰	۷۹/۹۴	< ۰/۰۰۰	۲/۸۴	< ۰/۰۰۰	۰/۴۴	A
< ۰/۰۰۰	۸/۴۵	۰/۰۰۰۶	۴/۰۸	< ۰/۰۰۰	۱۰۳/۸۳	< ۰/۰۰۰	۳/۴۸	< ۰/۰۰۰	۰/۸۷	B
۰/۴۲۰۰	۰/۰۲۸	۰/۰۰۰۳	۴/۸۶	۰/۳۰۶۳	۱/۲۳	< ۰/۰۰۰	۰/۵۱	۰/۰۰۳۵	۰/۰۵۳	AB
۰/۲۶۸۵	۰/۰۵۴	۰/۰۴۸۱	۰/۶۶	۰/۰۲۳۷	۸/۳۹	--	--	۰/۰۳۸۳	۰/۰۱۸	A <sup>2</sup>
۰/۰۰۰۸	۱/۲۰	۰/۰۰۲۶	۲/۴۰	< ۰/۰۰۰	۶۴/۲۳	--	--	۰/۰۳۵۱	۰/۰۱۹	B <sup>2</sup>
۰/۹۶۳۸	۰/۰۱۶	۰/۳۰۱۲	۰/۴۵	۰/۲۸۴۵	۴/۰۸	۰/۵۶۰۵	۰/۰۱۸	۰/۵۱۲۸	۸/۰۲۰E-۰۰۳	عدم برازش
--	۰/۱۹	--	۰/۳۴	--	۱/۰۱	--	۰/۰۶۱	--	۰/۰۵۳	انحراف استاندارد
--	۵/۴۳	--	۴/۳۲	--	۳۶/۲۲	--	۲/۶۶	--	۰/۸۵	میانگین
--	۳/۵۷	--	۷/۸۵	--	۲/۷۸	--	۲/۳۱	--	۶/۲۷	CV %
--	۰/۹۸۲	--	۰/۹۷۷۶	--	۰/۹۷۶۲	--	۰/۹۹۵	--	۰/۹۸۶	Adj-R <sup>2</sup>
--	۰/۹۶۸	--	۰/۹۶۲	--	۰/۹۵۹۲	--	۰/۹۹۳	--	۰/۹۷۶	Pred-R <sup>2</sup>
--	۰/۹۶۴	--	۰/۸۶۶	--	۰/۸۶۰۱	--	۰/۹۸۸	--	۰/۹۴۳	میزان دقت
--	۳۰/۹۵۹	--	۱/۸۶۵	--	۲۴/۶۴۰	--	۸۹/۹۹۴	--	۳۶/۰۵۴	R <sup>2</sup>

همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است در زمینه فعالیت آنتی اکسیدانی تمام عوامل به جز اثر متقابل توان و زمان، در مورد تغییرات رنگ نیز همه عوامل به جز اثر درجه دوم توان مایکروویو و اثر متقابل توان و زمان معنی دار ( $p < ۰/۰۵$ ) هستند. این در حالی است که در رابطه با ترکیبات فنول کل، نیرو و رطوبت تاثیر تمام عوامل معنی دار ( $p < ۰/۰۵$ ) می باشند. عدم برازش برای همه پاسخ ها در

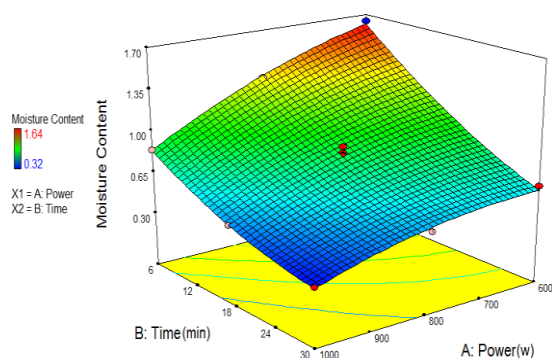
سطح اطمینان ۹۵٪ معنی دار نیست. بالا بودن ضرایب رگرسیون ( $R^2$ ) برای میزان رطوبت (۰/۹۹)، فعالیت آنتی اکسیدانی (۰/۹۸)، فنول کل (۰/۹۹)، نیرو (۰/۹۸) و تغییرات رنگ کل (۰/۹۸) حاکی از آن است که مدل های فوق بخوبی توانسته اند نتایج بدست آمده را پیش بینی کنند. برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از نمودار سه بعدی سطح پاسخ رسم شده بوسیله مدل استفاده گردید.

همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است در زمینه فعالیت آنتی اکسیدانی تمام عوامل به جز اثر متقابل توان و زمان، در مورد تغییرات رنگ نیز همه عوامل به جز اثر درجه دوم توان مایکروویو و اثر متقابل توان و زمان معنی دار ( $p < ۰/۰۵$ ) هستند. این در حالی است که در رابطه با ترکیبات فنول کل، نیرو و رطوبت تاثیر تمام عوامل معنی دار ( $p < ۰/۰۵$ ) می باشند. عدم برازش برای همه پاسخ ها در

جدول ۴: معادلات رگرسیونی پیش بینی شده برای دانه های هندوانه برشته شده با مایکروویو

پاسخ	معادله
$Y_1$ (محتوای رطوبتی)	$+ 2/0.8 + 1/0.4 \times 10^{-1/0.3} A - 0/0.91 B + 4/7.9 \times 10^{-1/0.5} AB - 2/0.4 \times 10^{-1/0.6} A^2 + 5/7.9 \times 10^{-1/0.4} B^2$
$Y_2$ (فنون کل)	$+ 0/0.91 + 7/5.6 \times 10^{-1/0.4} A - 0/0.5 B + 1/4.9 \times 10^{-1/0.4} AB$
$Y_3$ (فعالیت آنتی اکسیدانی)	$- 23/6.5 + 0/0.9 A + 1/7.4 B - 2/3.1 \times 10^{-1/0.4} AB - 4/3.6 \times 10^{-1/0.5} A^2 - 0/0.3 B^2$
$Y_4$ (نیرو)	$+ 28/9.9 - 0/0.4 A - 0/6.7 B + 4/5.9 \times 10^{-1/0.4} AB + 1/2.2 \times 10^{-1/0.5} A^2 + 6/4.8 \times 10^{-1/0.3} B^2$
$Y_5$ ( $\Delta E$ )	$+ 12/1.3 - 0/0.1 A + 0/0.4 B + 3/4.6 \times 10^{-1/0.5} AB + 3/5.1 \times 10^{-1/0.6} A^2 - 4/5.7 \times 10^{-1/0.3} B^2$

زمان در توان های پایین تر بیشتر است. دلیل این امر کاهش سریع رطوبت در ماده و از دست رفتن بخش زیادی از آب موجود در دانه هندوانه می باشد که موجب می گردد گرادیان رطوبتی به شدت کاهش یابد. بخش باقی مانده آب که با پیوند قوی تری به ترکیبات موجود در دانه متصل شده قادر به جداسازی نخواهد بود.



شکل ۱: اثر متقابل توان و زمان مایکروویو بر محتوای رطوبتی دانه های هندوانه طی برشته شدن

### ۳-۲ تغییر رنگ کل:

بررسی فاکتورهای رنگی طی برشته کردن دانه هندوانه حاکی از آن است که بیشترین تغییر در فاکتور  $L^*$  وجود دارد. بنابراین تغییر رنگ کل نمونه ها به میزان زیادی وابسته به فاکتور  $L^*$  (روشنایی) می باشد. با توجه به شکل ۲ رابطه معنی داری میان توان و زمان فرآیند برشته کردن با تغییر رنگ کل وجود دارد. بطوری که با افزایش این دو فاکتور رنگ محصول بدلیل تولید ترکیبات قهوه ای رنگ حاصل از واکنش های قهوه ای شدن و کاراملیزاسیون تیره شده و

### ۳-۱ محتوای رطوبتی:

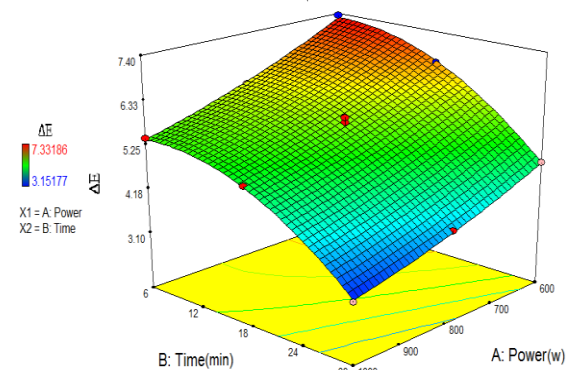
برشته کردن با مایکروویو در مقایسه با هوای داغ فرایند یکنواخت تری می باشد. از آنجا که مایکروویو موجب انتقال انرژی به مولکول های آب از طریق حجم کل مغز می شود و نه تنها از سطح آن (۱۳). فرآیند برشته کردن موجب ایجاد تغییرات متعددی در دانه می گردد. از جمله این تغییرات می توان به کاهش محتوای رطوبتی اشاره کرد که شدت این کاهش بسته به نوع فرآیند حرارتی، دما و زمان متفاوت است. محتوای رطوبتی اولیه دانه های هندوانه حدود ۳ درصد است. طبق جدول ۳ تاثیرات خطی توان، زمان و تاثیرات درجه دوم توان و زمان و همچنین تاثیر متقابل توان- زمان بر محتوای رطوبتی معنی دار است. همان طور که در شکل ۱ ملاحظه می شود با افزایش توان مایکروویو رطوبت دانه کاهش می یابد. در واقع با افزایش توان مایکروویو انرژی بیشتری توسط مولکول های دوقطبی موجود در ماده غذایی بخصوص آب جذب و حرارت حجمی بیشتری تولید می شود که در نهایت موجب می گردد محتوای رطوبتی کمتری در نمونه باقی بماند. همچنین هر چه زمان فرآیند طولانی تر باشد، انرژی مایکروویو فرصت بیشتری برای نفوذ در ماده و در نتیجه خروج رطوبت و کاهش محتوای رطوبتی دارد. اثرات مناسبی از توان و زمان مایکروویو بر افت وزن نمونه های نان طی پخت (۲۱) و نیز برشته کردن فندق با امواج مایکروویو- مادون قرمز گزارش شده است (۶). بعلاوه همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود تاثیر افزایش توان در زمان های کمتر و افزایش



### ۳-۳ سفتی بافت:

یکی از مهمترین پارامترهایی که طی برشته کردن دانه ها بایستی کنترل گردد بافت می باشد. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود فرآیند برشته کردن موجب کاهش نیروی لازم برای شکستن دانه ها می شود که اثر توان و زمان بر میزان کاهش سفتی معنی دار است. در واقع امواج مایکروویو بدلیل ایجاد حرارت دهی باعث پف کردن بافت می گردند که هر چه توان بیشتر باشد، فشار داخل بافت و حجم محصول افزایش یافته و بافت متخلخل تر می گردد. این امر موجب کاهش نیروی لازم جهت فشردگی بافت و تردتر شدن آن می گردد (۲۴). مقدار سفتی دانه های هندوانه طی برشته کردن از ۲/۰۴ نیوتن برای دانه برشته شده در توان ۱۰۰۰ وات برای ۱۸ دقیقه به ۸/۶۴ نیوتن برای دانه برشته شده در توان ۶۰۰ وات برای ۶ دقیقه می رسد (جدول ۲). این یافته ها مشابه با نتایج نیک زاده<sup>۳</sup> و صداقت<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) و حجتی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۵) بود که به ترتیب رابطه معکوس مشابهی را میان دمای برشته کردن و نیز توان مایکروویو با سفتی مغزهای پسته گزارش کردند (۱۳، ۲۵). کاهش سفتی با گذشت زمان برشته کردن نیز توسط کاهوگلو<sup>۶</sup> و کایا<sup>۷</sup> (۲۰۰۶) برای دانه های کنجد و شاکراردکانی<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۱۱) برای دانه های پسته مشاهده گردید (۲۶، ۲۷). البته افزایش بیش از حد توان و زمان بدلیل ایجاد فشار داخلی زیاد و تخریب بافت محصول باعث ایجاد چروکیدگی، افزایش سفتی در بافت و در نهایت افزایش حداکثر نیروی لازم جهت فشردگی دانه های هندوانه می گردد. براساس جدول ۳ نیز معادله درجه دو می تواند بخوبی جهت پیش بینی سفتی دانه هندوانه برشته شده بکار رود که در این زمینه اثرات خطی، درجه دوم و برهمکنشی توان و زمان مایکروویو معنی دار ( $p < 0.05$ ) می باشد.

در نتیجه  $\Delta E$  افزایش می یابد. در واقع با افزایش زمان و توان مایکروویو، مغز دانه برهمکنش بیشتری با مایکروویو داده، گرمای بیشتری درون دانه ایجاد می شود که منجر به افزایش دمای داخلی دانه برای زمان های طولانی تر می گردد. رابطه دما و زمان در واکنش میلارد بسیار مهم است بطوری که افزایش دما در زمان های طولانی تر منجر به افزایش واکنش میان گروه های آمینی و کربوهیدرات می شود (۲۲). این مساله باعث می گردد که اثر توان مایکروویو برای زمان های طولانی تر برشته کردن معنی دارتر از زمان های کوتاهتر باشد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج یوسال<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۹) که روی فندق انجام شده مطابقت دارد. مطالعات آنها نشان داد که با افزایش توان و زمان مایکروویو پارامتر  $a^*$  افزایش (حاکی از قرمزتر شدن) و  $L^*$  کاهش (حاکی از تیره تر شدن) بدلیل تشکیل رنگدانه قهوه ای میلارد می یابد (۶). آیسیر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۴) نیز طی برشته کردن زیتون سیاه در توان ۱۸۰، ۳۶۰ و ۵۴۰ وات در زمان های ۱ تا ۵ دقیقه به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۳). طبق جدول ۳ تاثیرات خطی توان و زمان مایکروویو و تاثیرات درجه دوم زمان بر میزان تغییر رنگ کل معنی دار است، در حالی که تاثیر متقابل زمان-توان و تاثیر درجه دوم توان معنی دار نمی باشد.



شکل ۲: اثر متقابل توان و زمان مایکروویو دهی بر تغییر رنگ کل دانه های هندوانه طی برشته شدن

<sup>3</sup> Nikzade

<sup>4</sup> Sedaghat

<sup>5</sup> Hojjati

<sup>6</sup> Kahyaoglu

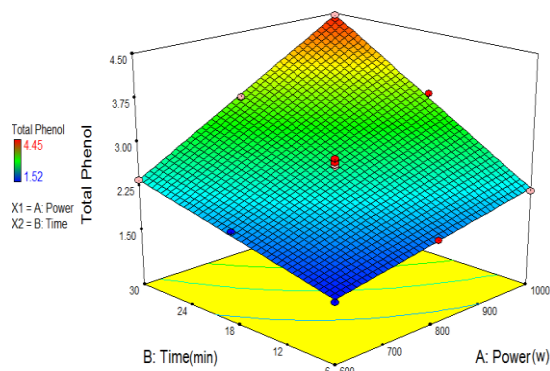
<sup>7</sup> Kaya

<sup>8</sup> Shakerardekani

<sup>1</sup> Uysal

<sup>2</sup> Icier

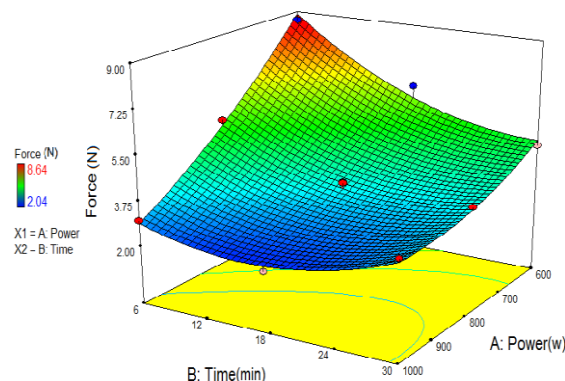
و بادام (۳۰) مطابقت دارد. بر اساس مطالعات کیم<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) و نیز یون<sup>۲</sup> و چانگ<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) بترتیب برشته کردن دانه‌های سویای سیاه کوچک در دو دمای ۱۵۰ و ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد در سه زمان ۲۶، ۳۰ و ۳۴ دقیقه و نیز ذرت در دمای ۱۶۰ تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۰ تا ۵۰ دقیقه در ۵ سطح موجب افزایش ترکیبات فنولی می‌گردد. آنها این پدیده را به گسست پیوند میان این ترکیبات فنولی با پروتئین‌ها و سرعت استخراج آنها از دیواره سلولی، همچنین تولید ساختارهای فنولی جدید طی قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در حین عملیات برشته کردن نسبت دادند (۳۱)، (۱۷).



شکل ۴: اثر متقابل توان و زمان مایکروویو دهی بر درصد ترکیبات فنولی دانه‌های هندوانه طی برشته شدن

### ۳-۵ فعالیت آنتی‌اکسیدانی

جهت تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانه‌های هندوانه تحت شرایط مختلف برشته کردن فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های DPPH اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی تا حد زیادی وابسته به ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی موجود در نمونه و سایر ترکیبات فنولی حاصل از واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی طی فرایند می‌باشد. با توجه به شکل ۵ با افزایش توان و زمان فرایند، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانه‌های هندوانه افزایش می‌یابد که این روند مشابه با نتایج حاصل از بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گل‌مریمی (۲۸) و دانه‌های سویا (۱۴) می‌باشد. اما با بالا



شکل ۳: اثر متقابل توان و زمان مایکروویو دهی بر سختی بافت دانه‌های هندوانه طی برشته شدن

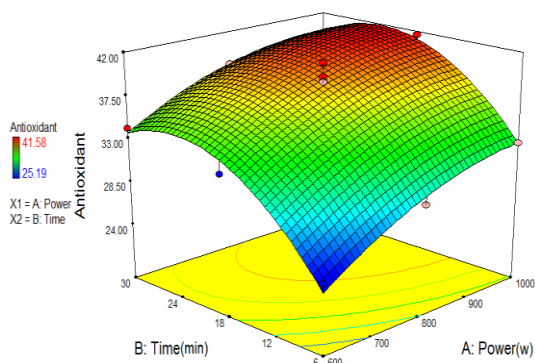
### ۳-۴ میزان فنول کل

ترکیبات فنولی بطور گسترده‌ای در محصولات گیاهی توزیع شده‌اند و دارای خواص عملکردی و بیولوژیکی موثر بر کیفیت محصول و سلامتی بشر هستند (۲۸). میزان و نوع ترکیبات فنولی موجود در محصولات مختلف به شدت تحت تاثیر نوع محصول، روش برشته کردن و جایگاه ترکیبات فنولی در سلول قرار دارد. بر اساس جدول ۳ میزان ترکیبات فنولی دانه هندوانه تابعی از اثرات خطی توان و زمان مایکروویو ( $p < 0.0001$ ) و نیز اثرات برهمکنشی توان و زمان ( $p < 0.0001$ ) می‌باشد. در دانه هندوانه مورد آزمون میزان ترکیبات فنولی با افزایش توان و زمان برشته کردن با مایکروویو افزایش می‌یابد (شکل ۴). بیشترین میزان ترکیبات فنولی در دانه هندوانه برشته شده در ۱۰۰۰ وات برای ۳۰ دقیقه می‌باشد که نسبت به نمونه خام  $(1/68 \frac{mgGal}{gDW})$  به میزان ۴/۴۵ درصد افزایش یافته است. این امر به دلیل حرارت دهی حجمی مایکروویو با افزایش توان آن و تاثیرش بر بزرگتر و گشاد شدن ماتریکس فیبری است که خروج ترکیبات فنولی را راحت‌تر می‌کند (۲۸). در واقع امواج مایکروویو از جمله امواج الکترومغناطیس با قدرت نفوذ بالا می‌باشند که با نفوذ در عمق ماده غذایی و تاثیر بر مولکول‌های دو قطبی باعث ایجاد حرارت دهی داخلی می‌شوند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج حاصل از برشته کردن با مایکروویو سویا (۱۴)، پسته (۱۳)، بادام زمینی (۲۹)

<sup>1</sup> Kim

<sup>2</sup> Youn

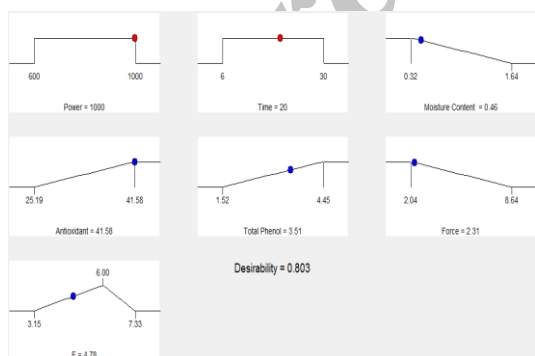
<sup>3</sup> Chung



شکل ۵: اثر متقابل توان و زمان مایکروویو بدهی بر فعالیت آنتی اکسیدانی دانه های هندوانه طی برشته شدن

### ۳-۶ بهینه سازی:

جهت تعیین شرایط بهینه برشته کردن دانه هندوانه از معادلات مطلوبیت روش سطح پاسخ استفاده شد. برای این منظور فاکتورهای ورودی در دامنه تعیین شده و پاسخ ها در بهترین و مطلوب ترین حالت در نظر گرفته شدند (شکل ۶). بدین صورت که کمترین مقدار محتوای رطوبتی و کمترین بیشینه نیروی لازم جهت فشردن در مقابل بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی، فنول کل به عنوان فاکتورهای بهینه تعیین شدند. فاکتور رنگ نیز از طریق پرسشنامه و نظرسنجی تعیین شد که محدوده های روشن تر مورد پسند واقع شدند. شرایط بهینه برشته سازی دانه هندوانه با توجه به پاسخ های مهم توان ۱۰۰۰ وات برای مدت ۲۰ دقیقه (با درجه مطلوبیت = ۰/۸) بدست آمد.



شکل ۶: نمودار رمپ مربوط به نمونه‌ی بهینه شده‌ی تحت تیمار مایکروویو

برای بررسی صحت بهینه سازی در شرایط بهینه ارائه شده توسط مدل، آزمایش هایی در سه تکرار انجام شد و نتیجه

رفتن همزمان توان و زمان برشته کردن با مایکروویو این خاصیت کاهش یافته که این امر بدلیل از دست رفتن و تجزیه ترکیبات فنولی می باشد. همانطور که در جدول ۳ نیز مشاهده می شود فعالیت آنتی اکسیدانی دانه های هندوانه بصورت خطی مرتبط با توان و زمان مایکروویو و نیز تاثیرات درجه دوم زمان ( $p < 0.0001$ )، همچنین تاثیرات درجه دوم توان مایکروویو ( $p < 0.05$ ) می باشد. در حالی که اثرات برهمکنشی توان و زمان مایکروویو در این زمینه معنی دار نمی باشد. بر اساس نتایج این تحقیق فعالیت آنتی اکسیدانی دانه هندوانه خام برابر ۲۴/۸ درصد می باشد که پس از برشته کردن در شرایط توان ۱۰۰۰ وات و زمان ۱۸ دقیقه فعالیت آنتی اکسیدانی به حداکثر می رسد. تحقیقات نشان داده که عموماً فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان ترکیبات فنولی مرتبط با یکدیگر می باشند (۲۸، ۳۱). گرچه در این مطالعه روند تغییرات فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان ترکیبات فنولی بصورت تابعی از شرایط برشته کردن منحنی های مشابهی را نشان نمی دهند. این مساله ممکن است بدلیل تشکیل ترکیبات فنولی در دانه هندوانه طی برشته کردن باشد که فاقد فعالیت آنتی اکسیدانی می باشد. نتایج تحقیق حاضر بر خلاف مطالعات آیسرا و همکاران (۲۰۱۴) در زمینه تاثیر توان و زمان مایکروویو بر زیتون سیاه می باشد که از همان ابتدا میزان ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی کاهش یافته است (۲۳). این در حالی است که روند افزایشی فعالیت آنتی اکسیدانی با افزایش توان و زمان برشته سازی با مایکروویو در پسته (۱۳)، بادام (۳۰) و بادام زمینی (۲۹) گزارش شده است. این امر بیانگر این واقعیت است که روند تغییرات این ویژگی بسته به نوع ماده، و حتی در یک ماده در شرایط مختلف آزمایشگاهی متفاوت است.

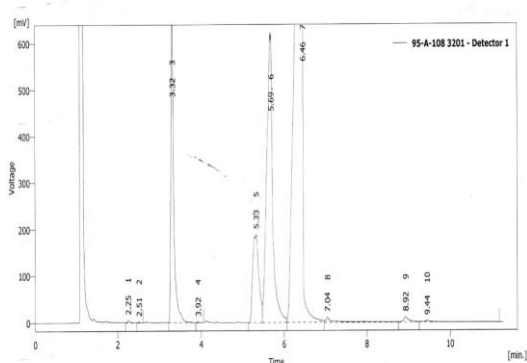
جدول زیر این مدل توانسته است بخوبی اثر دو متغیر توان و زمان برشته سازی با مایکروویو را بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی دانه هندوانه نشان دهد.

با مقادیر پیش بینی شده آن مقایسه گردید. جدول ۵ به مقایسه نتایج حاصل از آزمون های انجام گرفته در نقطه بهینه و نتایج آماری تیمار مایکروویو می پردازد. با توجه به

جدول ۵: مقایسه نتایج حاصل از آزمون های انجام گرفته و پیش بینی شده بر نقطه بهینه

تغییر رنگ کل	سختی بافت (نیوتن)	فعالیت آنتی اکسیدانی (%)	ترکیبات فنولی (%)	محتوای رطوبتی
۴/۷۸	۲/۳۱	۴۱/۵۸	۳/۵۱	۰/۴۶
نتایج پیش بینی شده				
۵/۰۹	۲/۶۳	۴۲/۱۵	۳/۸۱	۰/۳۹
نتایج به دست آمده				

(ب)

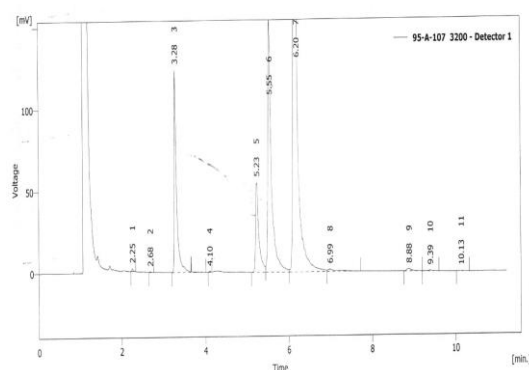


شکل ۷: کروماتوگرام دانه های هندوانه خام (الف) و برشته شده با مایکروویو (ب)

با توجه به جدول ۶ برشته کردن با مایکروویو موجب تغییر ترکیب اسید چرب دانه هندوانه می شود. امواج مایکروویو بدلیل نفوذپذیری بالای خود موجب کاهش مقادیر اسیدهای چرب اشباع تر نظیر پالمیتیک اسید و استئاریک اسید می شوند. اما با تاثیر بر پیوندهای دوگانه اسید چرب موجب افزایش مقادیر لینولئیک و لینولنیک اسید (از جمله اسید چرب های ضروری و مفید بدن) نسبت به نمونه خام می گردند.

در شکل ۷ کروماتوگرام روغن دانه هندوانه خام و برشته شده در شرایط بهینه نشان داده شده است. بر طبق جدول ۶ دانه هندوانه منبع مهمی از اسید چرب های ضروری لینولئیک اسید (۵۷٪) و اولئیک اسید (۲۲/۳) است و بنابراین می تواند به عنوان یک دانه با اهمیت از نظر تغذیه ای و سلامتی مطرح شود. این نتایج با مطالعات آکارا و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. براساس مطالعات آنها بیش از ۷۵٪ روغن دانه هندوانه را اسید چرب های غیراشباع تشکیل می دهد (۳۲).

(الف)



جدول ۶: ترکیب اسیدچرب دانه هندوانه خام و برشته شده با مایکروویو در شرایط بهینه

نوع اسید چرب	دانه هندوانه خام (%)	دانه هندوانه برشته شده (%)
پالمیتیک اسید	۱۲	۱۱/۳
استئاریک اسید	۷/۵	۷/۱
اولئیک اسید	۲۲/۳	۲۲/۴
لینولئیک اسید	۵۷	۵۸
لینولنیک اسید	۰/۶	۰/۶

- Lakshmi AJ, Kaul P. Nutritional potential, bioaccessibility of minerals and functionality of watermelon seeds. *LWT - Food Science and Technology* 2011; 44: 1821-6.
- El-Adaway T A, Taha K M. Characteristics and composition of different seed oils and flours. *Food Chemistry* 2001; 74: 47-54.
- Montavon P, Mauron AF, Duruz E. Changes in green coffee protein profiles during roasting. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 2003; 51: 2335-43.
- Uysal N, Sumnu G, Sahin S. Optimization of microwave-infrared roasting of hazelnut. *Journal of Food Engineering* 2009; 90: 255-61.
- Behera S, Nagarajan S, Rao JM. Microwave heating and conventional roasting of cumin seeds (*Cuminum cyminum L.*) and effect on chemical composition of volatiles. *Food Chemistry* 2004; 87: 25-9.
- Megahad MG. Microwave roasting of peanuts: effects on oil characteristics and composition. *Nahrung* 2001; 45: 255-7.
- Anjum F, Anwar F, Jamil A, Iqbal M. Microwave Roasting Effects on the Physico-chemical Composition and Oxidative Stability of Sunflower Seed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 2006; 83(9): 777-84.
- Yoshida H, Tomiyama Y, Hirakawa Y, Mizushima Y. Microwave roasting effects on the oxidative stability of oils and molecular species of triacylglycerols in the kernels of pumpkin (*Cucurbita spp.*) seeds. *Journal of Food Composition and Analysis* 2006; 19: 330-339.

#### ۴- نتیجه گیری کلی:

در این تحقیق از روش سطح پاسخ جهت توصیف تغییرات رنگ، بافت، رطوبت، میزان فنول و فعالیت آنتی اکسیدانی دانه هندوانه طی برشته کردن با مایکروویو استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت و دقت مدل های بدست آمده آنالیز واریانس (ANOVA) اجرا گردید. نتایج بدست آمده حاکی از آن بود که کلیه پاسخ های فوق (بجز فنول کل) با استفاده از مدل های چند جمله ای درجه دوم قابل توصیف بودند. در حالی که ترکیبات فنولی با پارامترهای توان و زمان مایکروویو بصورت معادلات برهمکنشی مرتبط بودند. سپس بهینه سازی فرآیند برشته کردن (توان و زمان مایکروویو) با استفاده از توابع مطلوبیت روش سطح پاسخ صورت گرفت. براساس این یافته ها شرایط بهینه برشته کردن دانه های هندوانه آجیلی استفاده از توان ۱۰۰۰ وات و زمان ۲۰ دقیقه می باشد که مدل ارائه شده برای پیش بینی مقادیر متغیرهای وابسته، نتایج بسیار نزدیکی با یافته های آزمایش بدست آمده دارد.

#### ۵- منابع

- میرکاظمی، فرشته. "نشریه فنی هندوانه". انتشارات شرکت توسعه کشاورزی هزاره سوم، چاپ اول (زمستان ۱۳۹۰): ۲۰-۳.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division (FAOSTAT). Watermelon production in 2014; Crops/Regions (World list)/Production quantity (from pick lists). 2017. Retrieved 8 March 2017.

- Journal of Food Engineering 2004; 61: 137-42.
20. Sitthitrai K, Ketthaisong D, Lertrat K, Tangwongchai R. Bioactive, antioxidant and enzyme activity changes in frozen, cooked, mini, super-sweet corn (*Zea mays L. saccharata* 'Naulthong'). *Journal of Food Composition and Analysis* 2015; 44: 1-9.
  21. Keskin SO, Sumnu G, Sahin S. Bread baking in halogen lamp-microwave combination oven. *Food Research International* 2004; 37: 489-95.
  22. Martins SIFS, Jongen WMF, Boekel MAJS. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science and Technology* 2001; 11: 364-73.
  23. İçier F, Baysal T, Taştan Ö, Özkan G. Microwave drying of black olive slices: Effects on total phenolic contents and colour. *The Journal of Food* 2014; 39(6): 323-30.
  24. Argyropoulos D, Heindl A, Müller J. Assessment of convection, hot-air combined with microwave-vacuum and freeze-drying methods for mushrooms with regard to product quality. *International Journal of Food Science and Technology* 2011; 46(2): 333-342.
  25. Nikzadeh V, Sedaghat N. Physical and sensory changes in pistachio nuts as affected by roasting temperature and storage. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 2008; 4: 478-483.
  26. Kahyaoglu T, Kaya S. Modelling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering* 2006; 75(2): 167-177.
  27. Shakerardekani A, Karim R, Mohd Ghazali H, Chin N. Effect of roasting conditions on hardness, moisture content and color of pistachio kernels. *International Food Research Journal* 2011; 18: 704-10.
  28. Hamrouni-Sellami I, Rahali FZ, Rebey IB, Bourgou S, Limam F, Marzouk B. Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis L.*) plants as affected by different drying methods. *Food and*
  11. Yoshida H, Shigezaki J, Takagi S, Kajimoto G. Variations in the composition of various acyl lipids, tocopherols and lignans in sesame seed oils roasted in a microwave oven. *Journal of the Science of Food Agriculture* 1995; 68: 407-15.
  12. Nebesny E, Budryn G. 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* 2003; 217: 157-63.
  13. Hojjati M, Noguera-Artiaga L, Wojdyło A, Carbonell-Barrachina ÁA. Effects of Microwave Roasting on Physicochemical Properties of Pistachios (*Pistacia vera L.*). *Food Science and Biotechnology* 2015; 24(6): 1995-2001.
  14. Žilić S, Mogol BA, Akıllıoğlu G, Serpen A, Deliç N, Gökmen V. Effects of extrusion, infrared and microwave processing on Maillard reaction products and phenolic compounds in soybean. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2014; 94(1): 45-51.
  15. Mendes LC, de Menezes HC, Aparecida M, da Silva AP. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora conillon*) using acceptability tests and RSM. *Food Quality and Preference* 2001; 12: 153-162.
  16. Kahyaoglu T. Optimization of the pistachio nut roasting process using response surface methodology and gene expression programming. *LWT* 2008; 41: 26-33.
  17. Youn K-S, Chung H-S. Optimization of the roasting temperature and time for preparation of coffee-like maize beverage using the response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology* 2012; 46: 305-10.
  18. AOAC. Official methods of analyses: 14th Ed., Association of official analytical chemists: Washington. DC. USA; 1990.
  19. Yam KL, Papadakis SE. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces.

- and electron donating ability of aster glehni extracts with different microwave-assisted extraction conditions. Korean Journal of Food Science and Technology 2000; 32: 1022-28.
32. Acar R, Özcan MM, Kanbur GA, Dursun N. Watermelon seeds phytochemicals. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering 2012; 31: 41-7.
- Bioprocess Technology 2013; 6(3): 806-17 .
29. Chandrasekara N, Shahidi F. Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2011; 59: 5006-14.
30. Garrido I, Monagas M, Gomez-Cordovés C, Bartolomé B. Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: Influence of industrial processing. Journal of Food Science 2008; 73: C106-C115.
31. Kim HK, Kwon YJ, Kim KH, Jeong YH. Changes of total polyphenol content

Archive of SID