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

زهرا غلامی[1] و سارا انصاری[1*]

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

تاریخ دریافت: 1396/03/13 تاریخ پذیرش: 1396/04/26

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 هرکدام 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 (به جز 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 به دست آمده نشان می‌داد (درجه مطلوبیت برابر 0/8).

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

[*] مسوول مکاتبات: ansari.fse@gmail.com

1- مقدمه

هندوانه با نام علمی Citrulus lanatus از خانواده کدوئیان، یکی از مهم ترین 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 (1). طبق آمار منتشر شده توسط فائو[1] (2014) ایران با تولید سالیانه 3/6 میلیون تن سومین کشور تولید کننده هندوانه در جهان پس از چین (74/8 میلیون تن) و ترکیه (3/9 میلیون تن) می باشد که پس از آن برزیل (2/2 میلیون تن)، مصر (2 میلیون تن) و آمریکا (1/8) به ترتیب در رده های بعدی قرار دارند (2). استان های عمده کشت هندوانه شامل هرمزگان، خوزستان، کرمان، فارس، سیستان و بلوچستان است و هر ساله از استان های جنوبی این محصول به کشورهای حاشیه خلیج فارس صادر می‌گردد (1). دانه های 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 به دلیل مشکلات عملی دور ریخته می‌شود. پروتئین و چربی حدود 75% از وزن این دانه را به خود اختصاص می‌دهند. این دانه جزء دسته دانه های روغنی طبقه بندی شده، گرچه از این نظر کمتر مورد توجه قرار گرفته است (3). در برخی نقاط دنیا نظیر کشورهای خاورمیانه و نیجریه از دانه های 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 (4، 3). برشته کردن یا بو دادن یک فرایند ضروری جهت بهبود طعم، رنگ، بافت و ظاهر محصول می‌باشد. به علاوه اسید آمینه های آزاد، پپتیدها، اسیدهای چرب، ویتامین E، فیتواسترول ها و لیگنان ها نیز طی برشته کردن تغییر می یابند. آنزیم‌ها نیز که موجب افت تغذیه ای می شوند غیرفعال شده و میکروارگانیزم های نامطلوب، توکسین ها، آلرژن ها و آلاینده های غذایی نیز می توانند تخریب شوند (5). برشته کردن می تواند به روش های مختلفی انجام شود که در این میان می توان 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 (6). محققین زیادی اثر مایکروویو بر برشته کردن محصولات غذایی و نیز روغن استخراجی از آنها را مطالعه کردند که در این میان می توان به دانه زیره سبز (7)، بادام زمینی (8)، تخمه آفتابگردان (9)، کدو (10)، کنجد (11)، لوبیای قهوه (12)، پسته (13)، فندق (6) و سویا (14) اشاره کرد. یهرا[2] و همکاران (2004) در تحقیقی به مطالعه دو روش حرارت دهی مایکروویو معمولی جهت برشته کردن دانه زیره سبز پرداختند. آنها دریافتند که نمونه های حرارت دیده با مایکروویو ترکیبات طعمی بیشتری (نظیر آلدهیدها) در مقایسه با نمونه های برشته شده به روش معمولی داشتند (7). در مطالعه دیگر بر روی دانه های کدو محققین به این نتیجه دست یافتند که مایکروویو هیچ اثر مضری بر کیفیت روغن آن نداشته و برشته کردن با مایکروویو در زمان های کوتاه جهت کاهش رطوبت دانه و به تاخیر انداختن فساد آن را پیشنهاد دادند (14). نبسنی[3] و بادرین[4] (2003) هم گزارش کردند که استفاده از مایکروویو، هیدروکسی متیل فورفورال[5] کمتری را نسبت به روش معمول حرارت دهی طی برشته کردن لوبیای قهوه تولید می‌کند (12). نرم افزار سطح پاسخ ابزاری مفید جهت توصیف شاخص های 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

1- FAO

2- Behera
3- Nebesny
4- Budryn
5- Hydroxy methyl furfural (HMF)

آماری می‌باشد. بهینه سازی فرآیند برشته کردن با نرم افزار فوق، برای لوبیای قهوه (15)، مغز پسته (16)، فندق (6) و نوشیدنی ذرت شبه قهوه (17) 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.

2- مواد و روش ها

2-1 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 قرارگرفتند. برای انجام فرایند برشته کردن حدود 50 گرم از دانه هندوانه بصورت یک لایه در پتری دیش های پیرکس قرار داده شده، پس از بستن درب آنها از دستگاه مایکروویو (مدل 3850D ، ساخت کره) با توان 600 تا 1000 وات و زمان 18 تا 30 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 4 درجه سانتی گراد بسته بندی شدند.

2-2 طراحی آزمایش و آنالیز آماری

از روش سطح پاسخ با طرح مرکب مرکزی[1]، 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 13 آزمایش بود. جدول 1 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) ازآزمون F استفاده گردید. جداول ANOVA و ضرایب رگرسیونی هر کدام از عبارت های خطی[2]، درجه دو[3] و برهمکنشی[4] تعیین شد. درجه معنی دار بودن تمامی پارامترها در معادلات چند جمله ای[5] از نظر آماری با محاسبه پارامتر F در سطوح 0/001، 0/01 و 0/05 تعیین گردید. از ضرایب رگرسیونی جهت انجام محاسبات آماری و رسم منحنی های کانتوری از مدل های رگرسیونی استفاده شد. تمامی آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار سطح پاسخ[6] (هنپین، مینیسوتا) انجام گردید (17).

جدول1- مقادیر کد شده و سطوح متغیرهای مستقل فرایند برشته کردن دانه هندوانه با مایکروویو

متغیرهای مستقل	کد و سطوح مربوطه		
	-1	0	1
توان (وات)(A)	600	800	1000
زمان (دقیقه)(B)	6	18	30

1- Central composite design (CCD)
2- Linear
3- Quadratic
4- Interaction
5- Polynomial
6- Design Expert

3-2 آزمون ها

ترکیب شیمیایی دانه هندوانه خام مورد استفاده شامل رطوبت، پروتئین، چربی، فیبر خام، کربوهیدرات و خاکستر بر اساس استاندارد تعیین شد (18). سایر آزمون ها بر روی نمونه های برشته شده به قرار زیر انجام گردید.

2-3-1 ارزیابی رطوبت

جهت اندازه گیری رطوبت نمونه ها در آون با دمای 105 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 (18).

2-3-2 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 وفاصله دوربین) انجام وآنالیز 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) ومولفه L* نشان دهنده میزان قرار داده شده و عکسبرداری در شرایطی که زاویه بین عدسی دوربین و محو منبع نوری حدود 45 درجه است انجام شد. پس از استخراج پارامترهای رنگی L* ،a* و b* تغییرات رنگ (ΔE) از فرمول زیر بدست آمد (19).

رابطه (2-1)

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

که در آن اندیس i نشان دهنده عدد قرائت شده نمونه مورد نظر واندیس o نشان دهنده عدد قرائت شده نمونه کنترل می‌باشد.

2-3-3 سنجش بافت

ارزیابی بافت نمونه های برشته شده با انجام آزمون فشردگی تک محوره به کمک دستگاه بافت سنج بروکفیلد[1] (مدل H50 ks ، ساخت انگلستان) انجام پذیرفت. برای این منظور تخمه های هندوانه با ابعاد(یا ضخامت) نسبتا یکسان به کمک یک پروب با سطح مقطع استوانه ای به قطر 30 میلی متر که با سرعت 25 میلی متر بر ثانیه به طرف پایین حرکت می‌کند فشرده شده تا زمانی که شکسته شوند. دما هنگام انجام آزمون حدود 25 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.

2-3-4 اندازه گیری فنول کل

حدود 2 گرم از دانه هندوانه آسیاب شده به فلاسک 20 میلی لیتری حاوی محلول متانول 80 درصد اضافه شد. نمونه در شیکر با دور 200 rpm به مدت 30 دقیقه مخلوط گردید. سپس مخلوط حاصله در سانتریفیوژ با دور 10000× g در دمای 4 درجه سلسیوس به مدت 20 دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی برای اندازه گیری ترکیبات فنولیک و آنتی اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت (20). تعیین کمی فنل کل به وسیله رنگ‌سنجی و به روش فولین سیوکالتیو[2] بر پایه واکنش معرف فوق با گروه های هیدروکسیل فعال ترکیبات فنولیک تعیین شد. به محلول های رقیق عصاره بدست آمده متانول 80 درصد و سدیم کربنات 7/5 درصد و سپس معرف فولین- سیوکالتیواضافه گردید. سپس نمونه ها همگی در بن ماری در دمای 40-45 درجه سیلسیوس به مدت 15 دقیقه قرار گرفتند. میزان جذب رنگ نمونه توسط اسپکتروفتومتر در طول موج 760 نانومتر اندازه گیری و میزان کل ترکیبات فنولی از منحنی استاندارد گالیک اسید بر گرم وزن تازه (FWGAE/g) به دست می آید (20).

1-Brookfield

2- Folin-Ciocalteau

2-3-5 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 2 و 2 – دی فنیل 1-پیکریل هیدرازیل[1] توسط حل کردن 24 میلی‌گرم پودر DPPH در 100 میلی گرم متانول تهیه شد. سپس 3 میلی لیتر از عصاره دانه های هندوانه، با 3 میلی لیتر متانول به 1 میلی لیتر DPPH اضافه و محلول به دست آمده به مدت 30 دقیقه در تاریکی نگهداری گردید. سپس میزان جذب نمونه ها در طول موج 517 نانومتر با اسپکتروفتومتر قرائت شد. لازم به ذکر است که در نمونه کنترل، 3 میلی لیتر متانول جایگزین نمونه اصلی شد. در نهایت درصد مهار رادیکال های DPPH توسط نمونه ها با فرمول زیر محاسبه گردید (20).

رابطه (2-2)

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

2-3-6 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[2] 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 استخراجی 40 میلی لیتر متانول و کمتر از 1 میلی لیتر پتاس متانولی 1 نرمال اضافه گردید. مخلوط حاصل سانتریفیوژ و 1 میکرولیتر از محلول شفاف رویی مستقیما به ستون کروماتوگرافی به طول 30 متر و دمای 220 درجه سانتی گراد تزریق شد. نمونه تزریق شده با سرعت 0/5 میلی لیتر در دقیقه و توسط گاز هلیوم در طول ستون حرکت کرده، اسید های 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 (6).

3- نتایج و بحث

تاثیر فرآیند برشته کردن بر برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی دانه هندوانه در قالب آزمون طرح مرکب مرکزی و با 5 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 3 درصد (براساس وزن خشک یا مرطوب)، 19/6 درصد و 15/8 درصد بود. در جدول 2 اثر متغیرهای مستقل توان و زمان مایکروویو بر میزان رطوبت، ترکیبات فنولی، فعالیت آنتی اکسیدانی، سفتی بافت و تغییر رنگ کل دانه های هنداونه 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 مدلهای مناسب گزینش گردید.

1- 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH)
2- Flame ionization detector (FID)

جدول 2- نتایج آزمون ها در نقاط مشخص شده با طرح مرکب مرکزی

تیمارها	رطوبت (%)	نیرو (نیوتن)	تغییر رنگ کل	فنول کل (%)	فعالیت آنتی اکسیدانی (%)
1	0/84	2/99	5/42	2/18	32/71
2	0/32	3/60	3/15	4/45	39/54
3	0/78	3/21	5/88	2/71	38/70
4	1/29	5/60	6/12	1/90	29/42
5	0/98	6/51	6/62	2/04	32/50
6	0/66	4/84	4/73	2/36	34/24
7	0/51	3/84	3/88	3/36	38/50
8	0/86	3/91	5/56	2/63	40/89
9	0/93	3/61	5/30	2/66	39/52
10	1/64	8/64	7/33	1/52	25/19
11	0/85	3/88	5/88	2/73	38/93
12	0/88	3/44	5/76	2/58	39/15
13	0/49	2/04	4/98	3/42	41/58

در جدول 3 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 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 به صورت متقابلی می‌باشد. معادله های بدست آمده مربوط به هر پاسخ در جدول 4 آمده است.

جدول 3- جدول تجزیه واریانس برای هر یک از پاسخ ها

	محتوای رطوبتی		فنول کل		فعالیت آنتی اکسیدانی		سفتی بافت		تغییر رنگ کل	
	مجموع مربعات	عدد P	مجموع مربعات	عدد P	مجموع مربعات	عدد P	مجموع مربعات	عدد P	مجموع مربعات	عدد P
مدل	1/39	< 0/000	6/83	< 0/000	290/63	< 0/000	35/15	< 0/000	14/10	< 0/000
A	0/44	< 0/000	2/84	< 0/000	79/94	< 0/000	21/51	< 0/000	4/39	< 0/000
B	0/87	< 0/000	3/48	< 0/000	103/83	< 0/000	4/08	0/0006	8/45	< 0/000
AB	0/053	0/0035	0/51	< 0/000	1/23	0/3063	4/86	0/0003	0/028	0/4200
A^2	0/018	0/0383	--	--	8/39	0/0237	0/66	0/0481	0/054	0/2685
B^2	0/019	0/0351	--	--	64/23	< 0/000	2/40	0/0026	1/20	0/0008
عدم برازش	8/020E-003	0/5128	0/018	0/5605	4/08	0/2845	0/45	0/3012	0/016	0/9638
انحراف استاندارد	0/053	--	0/061	--	1/01	--	0/34	--	0/19	--
میانگین	0/85	--	2/66	--	36/22	--	4/32	--	5/43	--
CV %	6/27	--	2/31	--	2/78	--	7/85	--	3/57	--
$Adj\text{-}R^2$	0/986	--	0/995	--	0/9762	--	0/9776	--	0/982	--
$Pred\text{-}R^2$	0/976	--	0/993	--	0/9592	--	0/962	--	0/968	--
میزان دقت	0/943	--	0/988	--	0/8601	--	0/866	--	0/964	--
R^2	36/054	--	89/994	--	24/640	--	/865	--	30/959	--

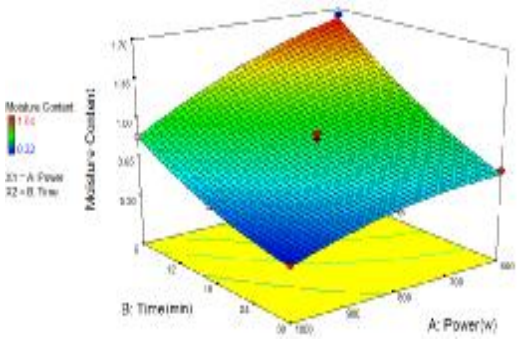
همان طور که در جدول 3 نشان داده شده است در زمینه فعالیت آنتی اکسیدانی تمام عوامل به جز اثر متقابل توان و زمان، در مورد تغییرات رنگ نیز همه عوامل به جز اثر درجه دوم توان مایکروویو و اثر متقابل توان و زمان معنی دار ($p<0/05$) هستند. این در حالی است که در رابطه با ترکیبات فنول کل، نیرو و رطوبت تاثیر تمام عوامل معنی دار ($p<0/05$) می‌باشند. عدم برازش برای همه پاسخ ها در سطح اطمینان 95% معنی دار نیست. بالا بودن ضرایب رگرسیون (R^2) برای میزان رطوبت (0/99)، فعالیت آنتی اکسیدانی (0/98)، فنول کل (0/99)، نیرو (0/98) و تغییرات رنگ کل (0/98) حاکی از آن است که مدل های فوق به خوبی توانسته‌اند نتایج به دست آمده را پیش بینی کنند. برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از نمودار سه بعدی سطح پاسخ رسم شده به وسیله مدل استفاده گردید.

جدول4- معادلات رگرسیونی پیش بینی شده برای دانه های هندوانه برشته شده با مایکروویو

پاسخ	معادله
Y_1(محتوای رطوبتی)	$+2/08 + 1/04 \times 10^{-0/003}A - 0/091\,B + 4/79 \times 10^{0/005}AB - 2/04 \times 10^{-0/006}A^2 + 5/79 \times 10^{-0/004}B^2$
Y_2(فنول کل)	$+0/91 + 7/56 \times 10^{-0/004}\,A - 0/05\,B + 1/49 \times 10^{-0/004}\,AB$
Y_3(فعالیت آنتی اکسیدانی)	$-23/65 + 0/09A + 1/74B - 2/31 \times 10^{-0/004}\,AB - 4/36 \times 10^{-0/005}\,A^2 - 0/03B^2$
Y_4(نیرو)	$+28/99 - 0/04\,A - 0/67\,B + 4/59 \times 10^{-0/004}AB + 1/22 \times 10^{-0/005}A^2 + 6/48 \times 10^{-0/003}\,B^2$
$Y_5(\Delta E)$	$+12/13 - 0/01A + 0/04B + 3/46 \times 10^{-0/005}AB + 3/51 \times 10^{-0/006}A^2 - 4/57 \times 10^{-0/003}B^2$

3-1 محتوای رطوبتی

برشته کردن با مایکروویو در مقایسه با هوای داغ فرایند یکنواخت تری می‌باشد. از آنجا که مایکروویو موجب انتقال انرژی به مولکول های آب از طریق حجم کل مغز می‌شود و نه تنها از سطح آن (13). فرآیند برشته کردن موجب ایجاد تغییرات متعددی در دانه می‌گردد. 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 3 درصد است. طبق جدول 3 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 1 ملاحظه می شود با افزایش توان مایکروویو رطوبت دانه کاهش می‌یابد. در واقع با افزایش توان مایکروویو انرژی بیشتری توسط مولکول های دوقطبی موجود در ماده غذایی به خصوص آب جذب و حرارت حجمی بیشتری تولید می‌شود که در نهایت موجب می‌گردد 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 (21) و نیز برشته کردن فندق با امواج مایکروویو- مادون قرمز گزارش شده است (6). به علاوه همان طور که در شکل 1 مشاهده می‌شود تاثیر افزایش توان در زمان های کمتر و افزایش 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 می‌باشد که موجب می‌گردد 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.

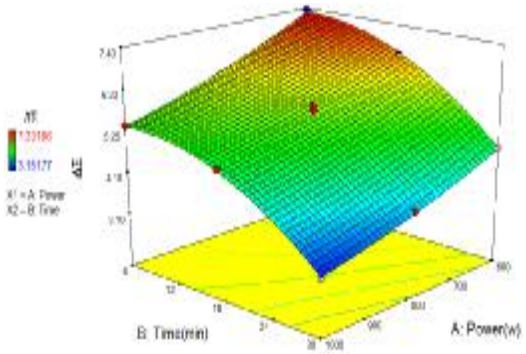


شکل1- اثر متقابل توان و زمان مایکروویودهی بر محتوای رطوبتی دانه های هندوانه طی برشته شدن

3-2 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) می‌باشد. با توجه به شکل 2 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 به دلیل تولید ترکیبات قهوه ای رنگ حاصل از واکنش های قهوه ای شدن و کاراملیزاسیون تیره شده و

در نتیجه ΔE افزایش می‌یابد. در واقع با افزایش زمان و توان مایکروویو، مغز دانه برهمکنش بیشتری با مایکروویو داده، گرمای بیشتری درون دانه ایجاد می‌شود که منجر به افزایش دمای داخلی دانه برای زمان های طولانی تر می‌گردد. رابطه دما و زمان در واکنش میلارد بسیار مهم است به طوری که افزایش دما در زمان های طولانی تر منجر به افزایش واکنش میان گروه های آمینی و کربوهیدرات می‌شود(22). این مساله باعث می‌گردد که اثر توان مایکروویو برای زمان های طولانی تر برشته کردن معنی دارتر از زمان های کوتاهتر باشد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج یوسال[1] و همکاران (2009) 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 به دلیل تشکیل رنگدانه قهوه ای میلارد) می‌یابد (6). آیسیر[2] و همکاران (2014) نیز طی برشته کردن زیتون سیاه در توان 180، 360 و 540 وات در زمان های 1 تا 5 دقیقه به نتایج مشابهی دست یافتند (23). طبق جدول 3 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.



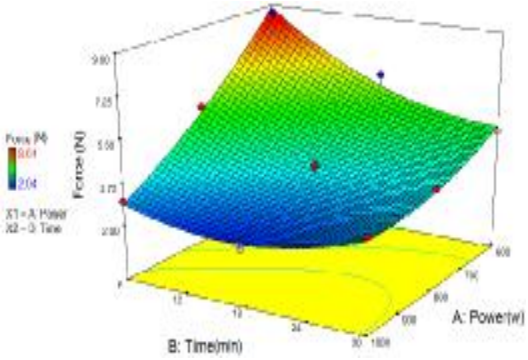
شکل 2- اثر متقابل توان و زمان مایکروویودهی بر تغییر رنگ کل دانه های هندوانه طی برشته شدن

3-3 سفتی بافت:

یکی از مهمترین پارامترهایی که طی برشته کردن دانه ها بایستی کنترل گردد بافت می باشد. همان طور که در شکل 3 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 به دلیل 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 می‌گردد (24). مقدار سفتی دانه های هندوانه طی برشته کردن از 2/04 نیوتن برای دانه برشته شده در توان 1000 وات برای 18 دقیقه به 8/64 نیوتن برای دانه برشته شده در توان 600 وات برای 6 دقیقه می رسد (جدول 2). این یافته ها مشابه با نتایج نیک زاده[3] و صداقت[4] (2008) و حجتی[5] و همکاران (2015) بود که به ترتیب رابطه معکوس مشابهی را میان دمای برشته کردن و نیز توان مایکروویو با سفتی مغزهای پسته گزارش کردند (25، 13). کاهش سفتی با گذشت زمان برشته کردن نیز توسط کاهیوگلو[6] و کایا[7] (2006) برای دانه های کنجد و شاکراردکانی[8] و همکاران (2011) برای دانه های پسته مشاهده گردید (26، 27). البته افزایش بیش از حد توان و زمان به دلیل 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 3 نیز معادله درجه دو می تواند به خوبی جهت پیش بینی سفتی دانه هندوانه برشته شده به کار رود که در این زمینه اثرات خطی، درجه دوم و برهمکنشی توان و زمان مایکروویو معنی دار ($p<0/05$) می باشد.

1- Uysal
2- Icier

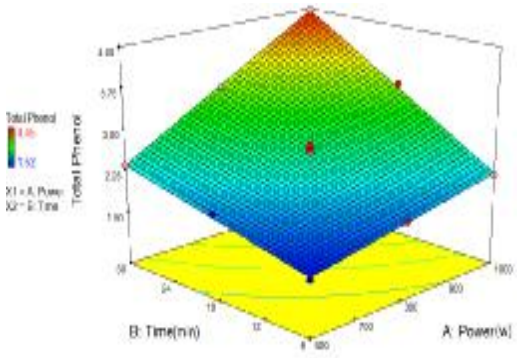
3- Nikzade
4- Sedaghat
5- Hojjati
6- Kahyaoglu
7-Kaya
8-Shakerardekani



شکل 3- اثر متقابل توان و زمان مایکروویودهی بر سختی بافت دانه های هندوانه طی برشته شدن

4-3 میزان فنول کل

ترکیبات فنولی به طور گسترده ای در محصولات گیاهی توزیع شده اند و دارای خواص عملکردی و بیولوژیکی موثر بر کیفیت محصول و سلامتی بشر هستند (28). 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 3 میزان ترکیبات فنولی دانه هندوانه تابعی از اثرات خطی توان و زمان مایکروویو ($p<0/0001$) و نیز اثرات برهمکنشی توان و زمان($p<0/0001$) می باشد. در دانه هندوانه مورد آزمون میزان ترکیبات فنولی با افزایش توان و زمان برشته کردن با مایکروویو افزایش می یابد (شکل4). بیشترین میزان ترکیبات فنولی در دانه هندوانه برشته شده در 1000 وات برای 30 دقیقه می باشد که نسبت به نمونه خام ($۱/۶۸\frac{mgGai}{grDW}$) به میزان 4/45 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 راحت تر می کند (28). در واقع امواج مایکروویو از جمله امواج الکترومغناطیس با قدرت نفوذ بالا می باشند که با نفوذ در عمق ماده غذایی و تاثیر بر مولکول های دو قطبی باعث ایجاد حرارت دهی داخلی می شوند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج حاصل از برشته کردن با مایکروویو سویا (14)، پسته (13)، بادام زمینی (29) و بادام (30) مطابقت دارد. بر اساس مطالعات کیم[1] و همکاران (2011) و نیز یون[2] و چانگ[3] (2012) به ترتیب برشته کردن دانه های سویای سیاه کوچک در دو دمای 150 و 250 درجه سانتی گراد در سه زمان 26، 30 و 34 دقیقه و نیز ذرت در دمای 160 تا 240 درجه سانتی گراد و زمان 10 تا 50 دقیقه در 5 سطح موجب افزایش ترکیبات فنولی می گردد. آن ها این پدیده را به گسست پیوند میان این ترکیبات فنولی با پروتئین ها و سرعت استخراج آنها از دیواره سلولی، همچنین تولید ساختارهای فنولی جدید طی قهوه ای شدن غیر آنزیمی در حین عملیات برشته کردن نسبت دادند (31، 17).



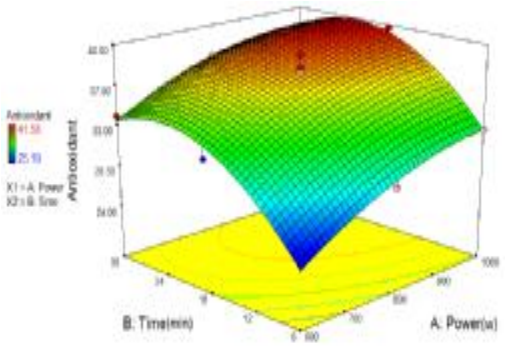
شکل 4- اثر متقابل توان و زمان مایکروویودهی بر درصد ترکیبات فنولی دانه های هندوانه طی برشته شدن

5-3 فعالیت آنتی اکسیدانی

جهت تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی دانه های هندوانه تحت شرایط مختلف برشته کردن فعالیت مهارکنندگی رادیکال های DPPH اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنتی اکسیدانی تا حد زیادی وابسته به ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی موجود در نمونه و سایر ترکیبات فنولی حاصل از واکنش قهوه ای شدن غیرآنزیمی طی فرایند می‌باشد. با توجه به شکل 5 با افزایش توان و زمان فرایند، میزان فعالیت آنتی اکسیدانی دانه های هندوانه افزایش می‌یابد که این روند مشابه با نتایج حاصل از بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی گیاه گل مریمی (28) و دانه های سویا (14) می‌باشد. اما با بالا

1- Kim
2- Youn
3- Chung

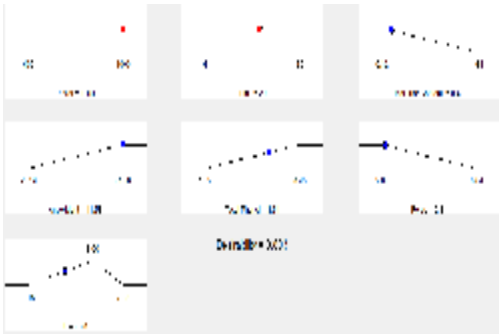
رفتن همزمان توان و زمان برشته کردن با مایکروویو این خاصیت کاهش یافته که این امر به دلیل از دست رفتن و تجزیه ترکیبات فنولی می‌باشد. همانطور که در جدول 3 نیز مشاهده می‌شود فعالیت آنتی اکسیدانی دانه های هندوانه به صورت خطی مرتبط با توان و زمان مایکروویو و نیز تاثیرات درجه دوم زمان ($p<0/0001$)، همچنین تاثیرات درجه دوم توان مایکروویو ($p<0/05$) می‌باشد. در حالی که اثرات برهمکنشی توان و زمان مایکروویو در این زمینه معنی دار نمی‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق فعالیت آنتی اکسیدانی دانه هندوانه خام برابر 24/8 درصد می‌باشد که پس از برشته کردن در شرایط توان 1000 وات و زمان 18 دقیقه فعالیت آنتی اکسیدانی به حداکثر می‌رسد. تحقیقات نشان داده که عموما فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان ترکیبات فنولی مرتبط با یکدیگر می‌باشند (31، 28). گرچه در این مطالعه روند تغییرات فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان ترکیبات فنولی به صورت تابعی از شرایط برشته کردن منحنی‌های مشابهی را نشان نمی‌دهند. این مساله ممکن است به دلیل تشکیل ترکیبات فنولی در دانه هندوانه طی برشته کردن باشد که فاقد فعالیت آنتی اکسیدانی می‌باشند. نتایج تحقیق حاضر بر خلاف مطالعات آیسر[1] و همکاران (2014) در زمینه تاثیر توان و زمان مایکروویو بر زیتون سیاه می‌باشد که از همان ابتدا میزان ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی اکسیدانی کاهش یافته است (23). این در حالی است که روند افزایشی فعالیت آنتی اکسیدانی با افزایش توان و زمان برشته سازی با مایکروویو در پسته (13)، بادام (30) و بادام زمینی (29) 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.



شکل 5- اثر متقابل توان و زمان مایکروویودهی بر فعالیت آنتی اکسیدانی دانه های هندوانه طی برشته شدن

6-3 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 6). 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 1000 وات برای مدت 20 دقیقه (با درجه مطلوبیت =0/8) به دست آمد.



شکل 6- نمودار رمپ مربوط به نمونه‌ی بهینه شده‌ی تحت تیمار مایکروویو

1- Icer

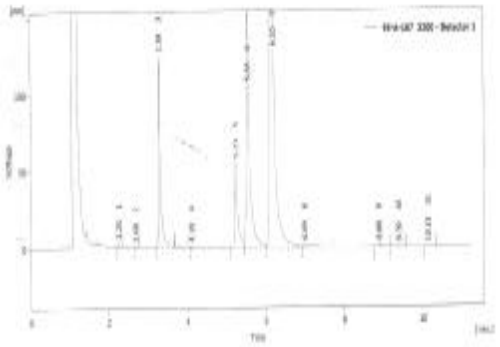
برای بررسی صحت بهینه سازی در شرایط بهینه ارائه شده توسط مدل، آزمایش هایی در سه تکرار انجام شد و نتیجه با مقادیر پیش بینی شده آن مقایسه گردید. جدول 5 به مقایسه نتایج حاصل از آزمون های انجام گرفته در نقطه بهینه و نتایج آماری تیمار مایکروویو می پردازد. با توجه به جدول زیر این مدل توانسته است به خوبی اثر دو متغیر توان و زمان برشته سازی با مایکروویو را بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی دانه هندوانه نشان دهد.

جدول 5- مقایسه نتایج حاصل از آزمون‌های انجام گرفته و پیش بینی شده برنقطه بهینه

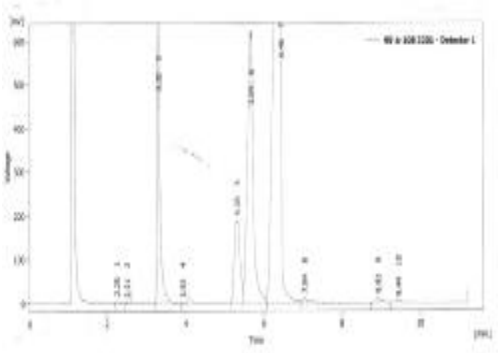
	تغییر رنگ کل	سختی بافت (نیوتن)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (%)	ترکیبات فنولی (%)	محتوای رطوبتی
نتایج پیش بینی شده	4/78	2/31	41/58	3/51	0/46
نتایج به دست آمده	5/09	2 /63	42/15	3/81	0/39

در شکل 7 کروماتوگرام روغن دانه هندوانه خام و برشته شده در شرایط بهینه نشان داده شده است. بر طبق جدول 6 دانه هندوانه منبع مهمی از اسید چرب های ضروری لینولئیک اسید (57%) و اولئیک اسید (22/3) است و بنابراین می تواند به عنوان یک دانه با اهمیت از نظر تغذیه ای و سلامتی مطرح شود. این نتایج با مطالعات آکار[1] و همکاران (2012) مطابقت دارد. براساس مطالعات آنها بیش از 75% روغن دانه هندوانه را اسید چرب های غیراشباع تشکیل می دهد (32).

(الف)



(ب)



شکل7- کروماتوگرام دانه های هندوانه خام (الف) و برشته شده با مایکروویو (ب)

با توجه به جدول 6 برشته کردن با مایکروویو موجب تغییر ترکیب اسید چرب دانه هندوانه می شود. امواج مایکروویو به دلیل نفوذپذیری بالای خود موجب کاهش مقادیر اسیدهای چرب اشباع تر نظیر پالمتیک 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.

1- Acar

جدول 6- ترکیب اسیدچرب دانه هندوانه خام و برشته شده با مایکروویو در شرایط بهینه

نوع اسید چرب	دانه هندوانه خام (%)	دانه هندوانه برشته شده (%)
پالمتیک اسید	12	11/3
استئاریک اسید	7/5	7/1
اولئیک اسید	22/3	22/4
لینولئیک اسید	57	58
لینولنیک اسید	0/6	0/6

4- نتیجه گیری

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 به دست آمده آنالیز واریانس (ANOVA) اجرا گردید. نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که کلیه پاسخ های فوق (به جز 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 به صورت معادلات برهمکنشی مرتبط بودند. سپس بهینه سازی فرآیند برشته کردن (توان و زمان مایکرویو) با استفاده از توابع مطلوبیت روش سطح پاسخ صورت گرفت. براساس این یافته ها شرایط بهینه برشته کردن دانه های هنداونه آجیلی استفاده از توان 1000 وات و زمان 20 دقیقه می باشد که مدل ارائه شده برای پیش بینی مقادیر متغیرهای وابسته، نتایج بسیار نزدیکی با یافته های آزمایش به دست آمده دارد.

5- منابع

1. میرکاظمی، فرشته. "نشریه فنی هندوانه". انتشارات شرکت توسعه کشاورزی هزاره سوم، چاپ اول (زمستان 1390): 3-20
2. 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.
3. Lakshmi, AJ., Kaul, P. Nutritional potential, bioaccessibility of minerals and functionality of watermelon seeds. LWT - Food Science and Technology 2011; 44: 1821-6.
4. El-Adaway, T. A., Taha, K. M. Characteristics and composition of different seed oils and flours. Food Chemistry 2001; 74: 47-54.
5. Montavon, P., Mauron, AF., Duruz, E. Changes in green coffee protein profiles during roasting. Journal of Agriculture and Food Chemistry 2003; 51: 2335–43.
6. Uysal, N., Sumnu, G., Sahin, S. Optimization of microwave–infrared roasting of hazelnut. Journal of Food Engineering 2009; 90: 255-61.
7. 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.
8. Megahad, MG. Microwave roasting of peanuts: effects on oil characteristics and composition. Nahrung 2001; 45: 255–7.
9. 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.
10. Yoshida, H., Tomiyama, Y., Hirakawa, Y., Mizushina, 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.

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 (Pistaciavera L.). Food Science and Biotechnology 2015; 24(6): 1995-2001.
14. Žilić, S., Mogol, BA., Akıllıoğlu, G., Serpen, A., Delić 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. 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 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 olyphenolcontent 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. Watermeloon seeds phytochemicals. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering 2012; 31: 41-7.