

# تأثیر حرارت دهی میکروویو بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن‌های نباتی

مریم فهیم‌دانش\*

استادیار گروه علوم و صنایع غذایی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد شهر قدس، شهر قدس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۸/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۴/۲۳

## چکیده

در این پژوهش، تأثیر حرارت‌دهی میکروویو بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی روغن‌های آفتابگردان، سویا و بادام زمینی مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهای مورد بررسی عبارت بودند از: عدد پراکسید، اسیدیت، جذب رنگ، میزان کل توکوفرول‌ها، ترکیب اسیدهای چرب، تشکیل ترکیبات مزدوج دوگانه و مزدوج سه گانه. نتایج به دست آمده نشان داد که میزان عدد پراکسید، اسیدیت، جذب رنگ (۴۲۰ نانومتر) با افزایش زمان حرارت دهی، افزایش می‌یابد. علاوه بر این، میزان کل توکوفرول‌های روغن‌های حرارت دیده با میکروویو (براساس نوع غالب توکوفرول موجود در روغن‌ها) کاهش می‌یابد. هم‌چنین مشخص شد که میزان اسیدهای چرب غیراشباع معمولاً با افزایش زمان حرارت دهی کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات شیمیایی، حرارت دهی میکروویو، روغن‌های نباتی.

## ۱- مقدمه

اشباع بیش تری می باشند، تحت تابش مایکروویو بیش تر تخریب می شوند. علاوه بر این، میزان اسیدهای چرب آزاد در روغن های نباتی حرارت دیده در ماکروویو افزایش می یابد (۱۱). تحقیقات، نشان داده است که میزان کاهش کیفیت روغن ها در اثر فساد اکسیداسیونی بستگی به میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباعی آن دارد (۱۴). به طوری که در مطالعه ی دیگری که بر روی تاثیر زمان های حرارت دهی مایکروویو در زمان های مختلف بر روی روغن های سویا، کنولا و ذرت انجام شده است، نشان داده است که روغن سویا به علت داشتن اسیدهای چند غیر اشباعی بیش تر و سریع تر از سایر روغن ها اکسید می گردد (۱۳). تاثیر حرارت دهی مایکروویو بر روی توکوفرول های روغن سویا، نشان داد که میزان توکوفرول های روغن سویا با افزایش زمان حرارت دهی، کاهش می یابد (۱۳). در تحقیق حاضر، هدف مطالعه بررسی تاثیر حرارت دهی ماکروویو بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی روغن های آفتابگردان، سویا و بادام زمینی خام می باشد که از لحاظ ترکیب اسیدهای چرب و میزان ترکیبات توکوفرولی با یکدیگر تفاوت دارند.

## ۲- مواد و روش ها

۳ نوع دانه ی روغنی، آفتابگردان، سویا و بادام زمینی از شرکت توسعه ی کشت دانه های روغنی، خریداری شد.

## ۲-۱- استخراج روغن

۵۰۰ gr از هر کدام از نمونه های خرد شده در محلول کلروفرم - متانول ۱:۲ ( حجمی / حجمی ) به طور مداوم به مدت ۲ ساعت همزده شد (۸). پس از آبیگری با سدیم سولفات ان هیدروس، و عبور میسلا از کاغذ صافی، حذف حلال توسط تبخیر کننده ی چرخان (Heidolph Rotary Evaporator 4002) در دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و تحت خلاء انجام گردید. روغن های به دست آمده در شیشه های تیره رنگ تا زمان آزمایش در یخچال قرار گرفتند.

## ۲-۲- حرارت دهی با ماکروویو

برای حرارت دهی نمونه های روغن از ماکروویو مدل سامسونگ ۹۲۴۵ MB، 245 با فرکانس ۲/۴۵۰ MHz استفاده شد. ۸ نمونه از روغن (۱۶ gr) در ظروف شیشه ای یکسان (با ارتفاع ۷cm) ریخته شدند و در مدت زمان ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۱۸ دقیقه، حرارت داده شدند.

انرژی ماکروویو، با قابلیت حرارت دهی منحصر به فردش، کاربردهای زیادی در صنایع غذایی دارد که عبارتند از: غیرفعال نمودن آنزیم ها (بلانچینگ) خشک کردن، بالا بردن دمای مواد غذایی منجمد به زیر نقطه ی انجماد (تمپرینگ)، پاستوریزان، استریلیزاسیون و پخش مواد آردی که هنوز به دلیل تحقیقات ناقص، فقدان تجهیزات مناسب و هزینه بالای آن ها به حد رضایت بخشی توسعه نیافته اند. هم چنین کاربردهای توسعه یافته ی آن عبارتند از: تمپرینگ مواد گوشتی، جداسازی چربی از پیه، پاستوریزاسیون نان، خشک کردن نهایی ماکارونی، پیازها، بیسکویت ها و خشک کردن در خلاء کنسانتره ی آب میوه جات. علاوه بر کاربردهای صنعتی مایکروویو، حدود ۴۰ سال است که از آن های مایکروویو در منازل، سلف سرویس ها، بیمارستان ها، مدارس، کافه ها و رستوران ها به منظور پخت، گرم کردن غذای پخته شده و نرم کردن مواد غذایی منجمد استفاده می شود (۷). امواج مایکروویو بخشی از طیف الکترومغناطیس هستند که دارای فرکانسی حدود ۳۰۰۰۰۰-۳۰۰ مگاهرتز و طول موج ۱-۰/۰۰۱ متر در هوا می باشند و در این طیف بین دی الکتریک و مادن قرمز واقع شده اند. از امواج مایکروویو برای اهداف صنعتی، علمی، طبی و ارتباطات استفاده می شود. در اکثر کشورها چهار فرکانس را جهت کاربردهای صنعتی، تحقیقاتی و پزشکی اختصاص داده اند که عبارتند از: ۹۱۵، ۲۴۵، ۵۸۰۰ و ۲۲۱۲۵ مگاهرتز. باید توجه داشت برخلاف اشعه ی ایکس و گاما، امواج مایکروویو به علت داشتن فرکانس کم، قادر به شکستن پیوندهای شیمیایی و آسیب رسانی به مولکول های مواد غذایی نیستند (۸ و ۹).

امواج مایکروویو نیز همانند گرم کردن دی الکتریک با ارتعاش مولکولی دو قطبی ایجاد حرارت می کنند با این تفاوت که در این مورد، یک پدیده ی تشعشعی حضور داشته و روش قبل حاصل یک پدیده ی الکترواستاتیک می باشد. اختلاف اصلی بین دو روش فوق در این است که در روش گرم کردن به وسیله ی مایکروویو از فرکانس های بالاتر استفاده می شود از این رو وسایل و دستگاه های مورد استفاده نیز متفاوت هستند. مطالعات زیادی در مورد تاثیر ماکروویو بر ترکیبات ماده ی غذایی و واکنش های مختلف شیمیایی ناشی از آن انجام شده است (۱۰). روغن های نباتی که حاوی اسیدهای چرب چند غیر

## ۶-۲- ترکیب اسیدهای چرب

تعیین ترکیب اسیدهای چرب روغن‌ها بر اساس روش AOCS Ch 2-91(02) و توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی GC Agilent مدل HP ۶۸۹۰ انجام شد (۴). مشخصات دستگاه مورد استفاده عبارت بودند: ستون مورد استفاده Bpx ۷۰ با مشخصات ۱۲۰ متر طول ستون، ۰/۲۵ میلی متر قطر داخلی و ۰/۲۵ m اندازه‌ی ذرات، درجه‌ی حرارت آون ۱۹۸°C، درجه‌ی حرارت آشکارساز ۲۸۰°C و درجه‌ی حرارت تزریق ۲۵۰°C.

## ۷-۲- اسیدهای چرب مزدوج دوگانه و سه گانه

میزان اسیدهای چرب مزدوج دوگانه و سه گانه با اندازه‌گیری شدت جذب شان در ۲۳۴ و ۲۶۸ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Varian Cary UV Visible مطابق روش AOCS Ch 5-91 (01) انجام شد (۵).

## ۸-۲- تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی اثر زمان حرارت‌دهی بر روی میزان پارامترهای اندازه‌گیری شده در روغن‌ها از نرم افزار SAS 9.1 رویه‌ی GLM و روش تجزیه‌ی واریانس استفاده شد. کلیه‌ی آزمون‌ها نیز با ۳ تکرار انجام شد و برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد، استفاده شد.

مدل مورد استفاده در این تحقیق، عبارت بود از:

$$Y_{ijk} = M + Oil_i + Period_j + e_{ijk}$$

در این مدل:

$Y_{ijk}$  پارامتر اندازه‌گیری شده مربوط به  $i$  امین روغن و  $j$  امین پریود در  $k$  امین تکرار،  
 $M$  میانگین کل،  
 $Oil_i$  اثر  $i$  امین روغن،  
 $Period_j$  اثر  $j$  امین پریود،  
 $e_{ijk}$  اثر باقیمانده مربوط به  $i$  امین روغن و  $j$  امین پریود در  $k$  امین تکرار است.

## ۳- نتایج و بحث

عدد پراکسید برای سنجش میزان اکسیداسیون در طی حرارت‌دهی با میکروویو نمونه‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج به دست آمده در شکل ۱، نشان داده شده است.

درجه‌ی حرارت آون  $120.0^{\circ}C$ ،  $160.0^{\circ}C$ ،  $176.0^{\circ}C$ ،  $197.0^{\circ}C$  و  $210.0^{\circ}C$  و  $216.0^{\circ}C$ ،  $222.0^{\circ}C$  و  $227.0^{\circ}C$  به ترتیب با زمان‌های ذکر شده بود. نمونه‌های حرارت داده شده از میکروویو خارج شده و بلافاصله در دسیکاتور تحت خلاء خنک شدند و نهایتاً در شیشه‌های تیره رنگ و دربسته قرار گرفتند.

## ۳-۲- تعیین عدد پراکسید و عدد اسیدی

عدد اسیدی بر اساس روش استاندارد ایران به شماره‌ی ۴۱۷۸ اندازه‌گیری شد و نتایج بر حسب میلی گرم هیدروکسید پتاسیم در یک گرم روغن، اعلام شد (۱).

عدد پراکسید طبق روش استاندارد ایران به شماره‌ی ۴۱۷۹ انجام شد و نتایج بر حسب میلی اکی والان اکسیژن در یک کیلوگرم روغن، بیان گردید (۲).

## ۴-۲- ضریب رنگ ( Colour Index )

این ضریب، نشان دهنده‌ی تغییرات رنگ در طی حرارت‌دهی با میکروویو در روغن‌ها می‌باشد. جذب محلول ۲/۵٪ (وزنی/حجمی) روغن در ایزواکتان در طول موج ۴۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-Visible – Varian Cary) اندازه‌گیری شد (۱۵).

## ۵-۲- تعیین میزان توکوفرول‌ها

جهت تعیین میزان توکوفرول‌ها از روش کروماتوگرافی لایه‌ی نازک استفاده گردید. نمونه‌ی مواد غیرقابل صابونی هر روغن به دقت وزن شد و سپس روی لایه‌ی نازک صفحه‌ی سیلیکاژل ( $60 G$ ،  $300 \mu$ ) بارگذاری شد. استاندارد توکوفرول (مخلوط آلفا، گاما، دلتا و بتا) نیز به عنوان مرجع مورد استفاده قرار گرفت. حلال‌های هگزان - دی اتیل اتر - اسید استیک گلاسیال به نسبت‌های ۱:۳۰:۷۰ در تانک لایه‌ی نازک مورد استفاده قرار گرفت. باند توکوفرولی به رنگ بنفش در زیر لامپ ماوراءبنفش تراشیده شد و در دی اتیل اتر حل گردید و با سدیم سولفات آن هیدروس آبیگری شد. حلال دی اتیل اتر کاملاً با اوپراتور روتاری تبخیر شد و میزان توکوفرول‌ها با ترازوی دقیق، اندازه‌گیری شد. نتایج، بر حسب میلی گرم کل توکوفرول‌ها در ۱۰۰ gr روغن بیان شد. میزان بازدهی استاندارد با این روش، بیش از ۹۴٪ بود (AOCS Ce 8-89) (۳).

حرارت دهی روغن‌ها تغییر معنی داری در عدد اسیدی آن‌ها مشاهده نشده است و با زمان حرارت دهی همبستگی نداشتند (۱۲).

جهت اندازه گیری تغییرات رنگ روغن در طی حرارت دهی با مایکروویو، میزان جذب در ۴۲۰ نانومتر تعیین گردید. در مورد رنگ از نظر ظاهری، مشاهده شد که با حرارت‌دهی مداوم روغن سویا، رنگ روغن به تدریج از زرد - قهوه‌ای در دقیقه ۱۰-۱۲ حرارت دهی، به قهوه‌ای روشن در دقیقه ۱۵ حرارت‌دهی می‌رسد.

بالاخره رنگ قهوه ای تیره در دقیقه ۱۸-۱۵ حرارت دهی به دست آمد. متاسفانه مشخص شد که بوی سوختگی بعد از ۶ دقیقه از حرارت دهی ایجاد شد که این تغییرات به نسبت در سایر روغن‌ها بسیار کم تر بود و همان طور که در شکل ۳، مشاهده می شود، شدت جذب در تمامی نمونه‌های روغن به طور قابل توجهی افزایش یافته است.

نتایج نشان داد که روغن سویا اندیس، رنگ بیش تری در زمان‌های حرارت دهی طولانی دارد در حالی که سایر روغن‌ها حتی در مدت زمان‌های حرارت دهی طولانی، رنگ روشن خودشان را حفظ کردند. شدت رنگ در ۴۲۰ نانومتر در روغن‌ها در طی زمان‌های مختلف حرارت دهی به ترتیب زیر است:

روغن آفتابگردان > روغن بادام زمینی > روغن سویا  
این نتایج، نشان می‌دهد که رنگ روغن سویا بسیار بیش تر از روغن آفتابگردان تحت تاثیر حرارت دهی با ماکروویو قرار می‌گیرد در حالی که بر روی روغن آفتابگردان کم ترین تاثیر را دارد. بر اساس آنالیز آماری نیز ضریب تبیین تصحیح شده برابر با 0.992، محاسبه شد. اثر روغن و پرپود موجود در مدل بسیار معنی دار بود ( $P < 0.0001$ ). میانگین تمام روغن‌ها با یکدیگر تفاوت معنی داری داشتند. همچنین اثر تمام پرپودها با یکدیگر تفاوت معنی داری داشتند.

قبل از بحث در مورد تغییرات توکوفرول‌ها در روغن‌های حرارت دیده، لازم به ذکر است که آلفاتوکوفرول شاخص ترین توکوفرول در روغن آفتابگردان است در حالی که گاما و دلتا توکوفرول نیز در روغن در سویا زیاد است (۷).

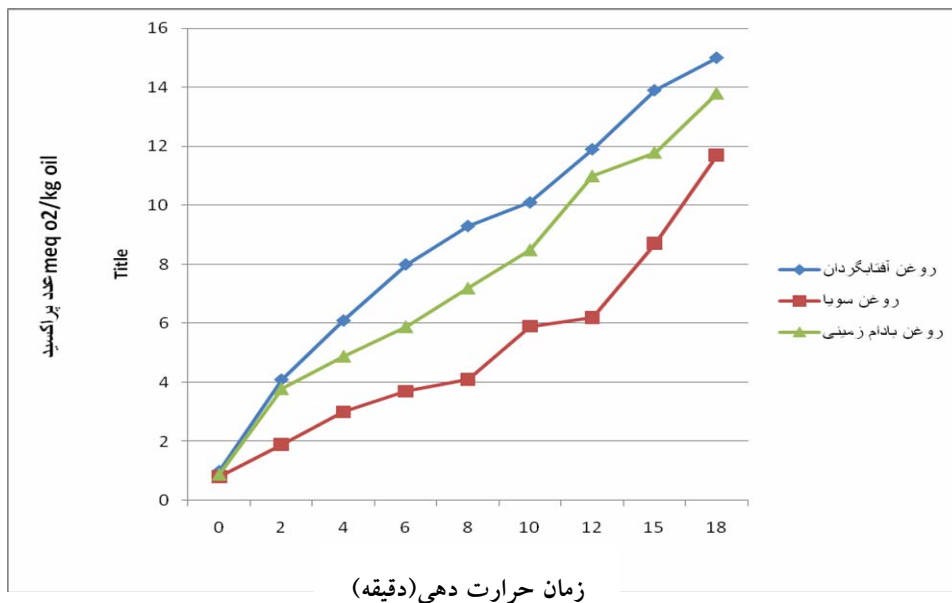
نتایج، نشان داد که عدد پراکسید روغن‌های سویا و بادام زمینی به طور تدریجی با افزایش درجه‌ی حرارت ماکروویو افزایش می‌یابد تا به زمان ۱۸ دقیقه برسد. از این نتایج به نظر می‌رسد که میزان سرعت تشکیل پراکسید در روغن آفتابگردان در طی حرارت دهی ماکروویو نسبت به سایر روغن‌ها سریع تر و بالاتر است (۱۶). از نتایج حاصل چنین مشخص شد که سرعت تشکیل پراکسید در روغن‌های مورد آزمایش به ترتیب زیر می‌باشد:

روغن سویا > روغن بادام زمینی > روغن آفتابگردان.

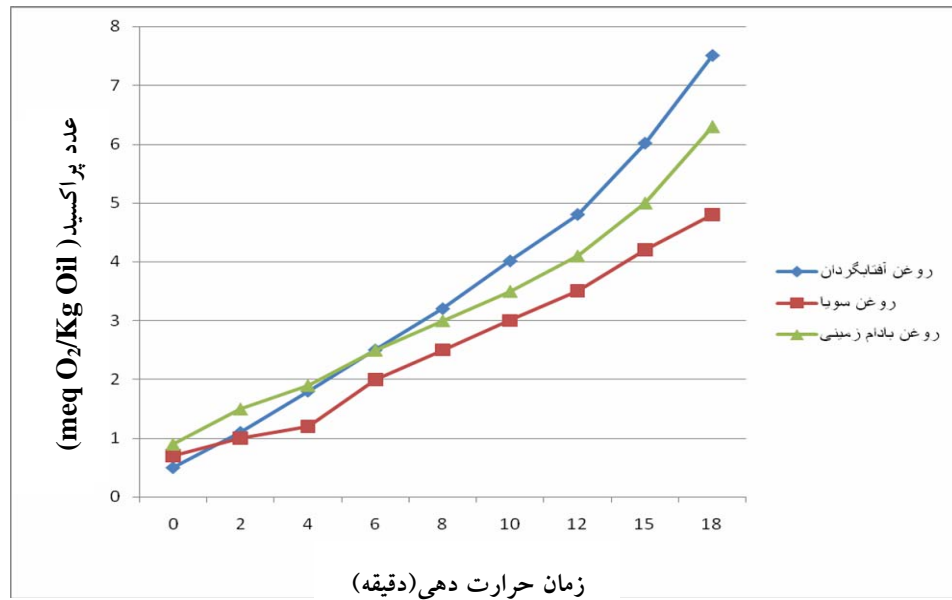
نتایج مطالعه‌ای که بر روی روغن ذرت، کنولا و سویا انجام شده بود، نشان داد که روغن سویا سریع ترین افزایش عدد پراکسید و روغن کنولا مقاوم ترین می‌باشند (۱۲ و ۱۳). البته در تحقیقات مشابه دیگر نیز میزان عدد پراکسید به تدریج با افزایش زمان حرارت‌دهی افزایش می‌یابد تا به بیش ترین میزان خود برسد. در حقیقت، این روغن‌ها بر اساس ترکیب اسیدهای چرب مختلف شان، رفتارهای مختلفی از خود نشان داده‌اند (۱۱).

بر اساس آنالیز آماری ضریب تبیین تصحیح شده برابر با ۰/۹۶۹، محاسبه شد. اثر روغن و پرپود موجود در مدل بسیار معنی دار بود ( $P < 0.0001$ ). میانگین تمام روغن‌ها با یکدیگر تفاوت معنی داری داشتند. همچنین اثر تمام پرپودها با یکدیگر تفاوت معنی داری داشتند. شکل ۲، نتایج آزمون تعیین اندیس اسیدی روغن‌ها را نشان می‌دهد.

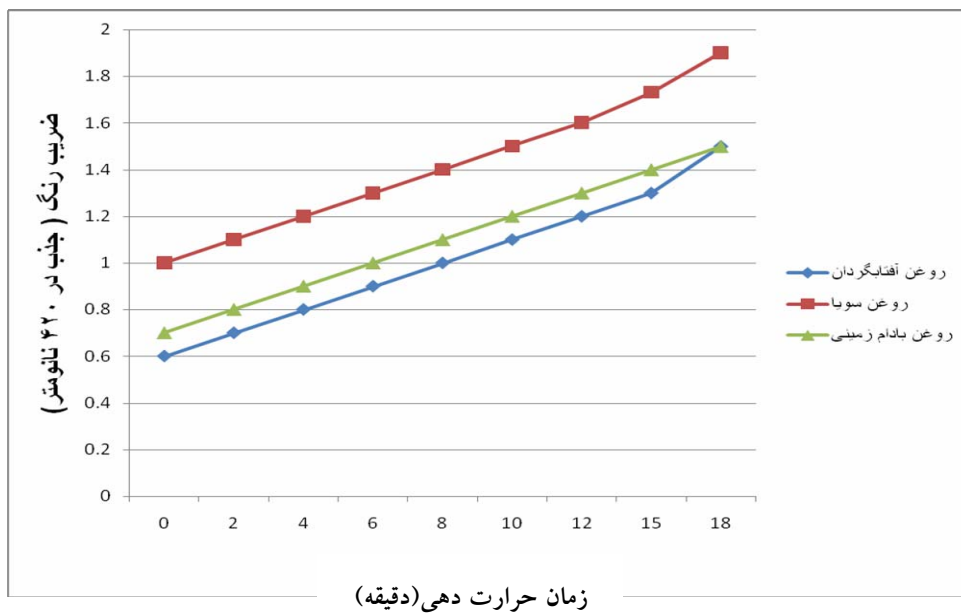
همان طور که در شکل ۲، مشاهده می‌شود میزان اسیدیته تقریباً در همه روغن‌ها با افزایش زمان حرارت دهی افزایش تدریجی می‌یابد. افزایش اسیدیته، بدون شک ناشی از شکستن اتصالات استری مولکول‌های تری گلیسریدی ناشی از حرارت دهی است (۳، ۶). بر اساس آنالیز آماری، ضریب تبیین تصحیح شده برابر با 0.957، محاسبه شد. اثر روغن و پرپود موجود در مدل بسیار معنی دار بود ( $P < 0.0001$ ). در این تحقیق، روغن آفتابگردان و بادام زمینی با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند ولی با روغن سویا تفاوت معنی داری داشتند. هم‌چنین تمام پرپودها به جز پرپودهای ۲ و ۴ با یکدیگر تفاوت معنی داری داشتند. نتایج تحقیقات مشابه دیگر نیز که بر روی روغن سویا، ذرت و کنولا صورت گرفته است نشان داد که با افزایش زمان



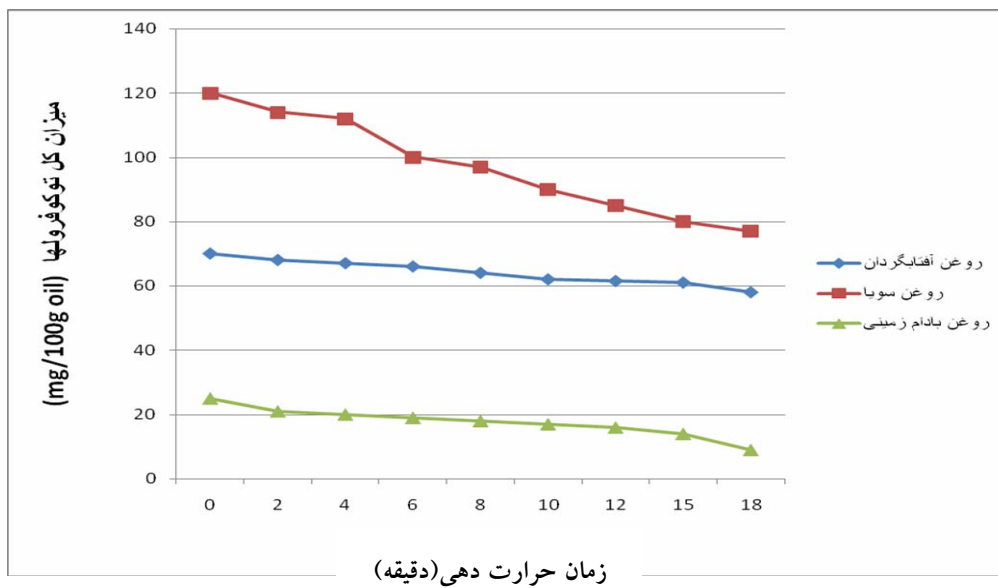
شکل ۱- ارتباط بین عدد پراکسید و زمان حرارت دهی با میکروویو در فرکانس ۲/۴۵۰ مگاهرتز



شکل ۲- ارتباط بین عدد اسیدی و زمان حرارت دهی با میکروویو در فرکانس ۲/۴۵۰ مگاهرتز



شکل ۳- ارتباط بین اندیس رنگ و زمان حرارت دهی با ماکروویو در فرکانس ۲/۴۵۰ مگاهرتز



شکل ۴- ارتباط بین تغییر میزان کل توکوفرولها و زمان حرارت دهی با ماکروویو در فرکانس ۲/۴۵۰ مگاهرتز

ضریب تابعیت به دست آمده، میزان تغییرات هر فاکتور را به ازای زمان حرارت‌دهی، نشان می‌دهد.

نتایج به دست آمده، نشان داد که میزان اسید اولئیک و اسید لینولئیک به تدریج با افزایش زمان حرارت‌دهی، کاهش می‌یابد که البته از نظر آماری روغن‌های مورد آزمایش از نظر ترکیب اسید چرب تفاوت معنی‌داری نداشتند.

در خصوص تشکیل اسیدهای چرب مزدوج در طی حرارت‌دهی با مایکروویو مشخص شد که تشکیل ترکیبات مزدوج دوگانه و سه‌گانه با افزایش زمان حرارت‌دهی، افزایش می‌یابد (جدول ۴). تحقیقات مشابه نیز این نتایج را تایید می‌نمایند (۱۲، ۶).

در حقیقت جذب در ۲۳۴ نانومتر ناشی از تشکیل ترکیبات مزدوج دوگانه است که معیار بسیار خوبی برای سنجش تغییرات حاصل از حرارت‌دهی مایکروویو می‌باشد. همچنین ترکیبات مزدوج سه‌گانه نیز در ۲۶۸ نانومتر اندازه‌گیری شدند و در جدول نشان داده شده است. هر چند ترکیبات مزدوج دوگانه بعضی مواقع بیش‌تر از ترکیبات مزدوج سه‌گانه تشکیل می‌شود اما مزدوج شدن اسیدهای چرب چند غیر اشباع نیز می‌تواند به علت فرایند اکسیداسیون در طی حرارت‌دهی با مایکروویو اتفاق بیفتد (۱۵). همان‌طور که در جدول مشخص است سرعت تشکیل ترکیبات مزدوج دوگانه در روغن آفتابگردان از ۰/۰۵ به ۱/۰۶، روغن سویا از ۰/۲۱ به ۰/۸۴ و در روغن بادام زمینی از ۰/۳۷ به ۰/۸۵ درصد رسید.

نتایج، نشان می‌دهد که سرعت تشکیل ترکیبات مزدوج در روغن آفتابگردان بیش‌تر از سایر روغن‌ها است که این امر نیز مورد تایید ۲۰۰۵ Dostalova, نیز می‌باشد (۹). در این تحقیق که ترکیبات مزدوج دوگانه را در روغن‌های کنولا، ذرت و آفتابگردان حرارت‌دهی با مایکروویو اندازه‌گیری کردند نتایج نشان داد که ترکیبات مزدوج دوگانه در روغن آفتابگردان با سرعت بیش‌تری تشکیل می‌شود که این امر می‌تواند به دلیل میزان زیاد اسیدهای چرب با دو باند دوگانه در روغن آفتابگردان باشد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ساده میزان کل توکوفرول‌ها در روغن‌ها به کمک کروماتوگرافی لایه‌ی نازک در شکل ۴، نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، مشخص شد که با حرارت‌دهی مایکروویو به تدریج کاهش در میزان توکوفرول‌های نمونه، صورت می‌گیرد. ضریب تبیین تصحیح شده برابر با ۰.۹۵۴، محاسبه شد. اثر روغن و پرپود موجود در مدل، بسیار معنی‌دار بود ( $P < 0.0001$ ).

بر این اساس میزان کل توکوفرول روغن سویا از ۱۲۰ mg/۱۰۰ gr به ۱۱۴، ۱۰۰، ۹۱، ۸۰ و ۷۵ mg/۱۰۰ gr در ۲، ۶، ۱۰، ۱۵، ۱۸ دقیقه حرارت‌دهی به ترتیب کاهش می‌یابد. در حالی که میزان توکوفرول‌ها در روغن آفتابگردان به تدریج از ۷۰ mg/۱۰۰ gr به ۶۷، ۶۶، ۶۴، ۶۳ و ۵۸ mg/۱۰۰ gr کاهش می‌یابد. نتایج، نشان داد که با افزایش زمان حرارت‌دهی در همه‌ی روغن‌ها، میزان کاهش درصد توکوفرول‌ها افزایش می‌یابد که این اتفاق در مورد روغن سویا بسیار شدیدتر رخ داده است. جدول ۱، درصد کاهش میزان کل توکوفرول‌های نمونه‌ی روغن‌ها نشان داده است.

جدول ۱- میزان کاهش توکوفرول‌های روغن‌های مختلف حرارت‌دهی با مایکروویو در زمان‌های مختلف (درصد)

روغن	زمان (دقیقه)				
	۲	۶	۱۰	۱۵	۱۸
آفتابگردان	۴/۲	۵/۷	۸/۵	۱۰	۱۷
سویا	۸/۳	۱۶/۶	۲۴/۱	۳۳/۳	۳۷/۵
بادام زمینی	۱۲	۲۴	۳۶	۴۸	۶۸

تفسیر تغییرات اندیس پراکسید می‌تواند با نوع توکوفرول غالب در روغن مرتبط باشد. در روغن آفتابگردان که آلفا توکوفرول، توکوفرول غالب آن است و فعالیت آنتی‌اکسیدان کمی دارد، تشکیل پراکسید کاملاً بیش‌تر از سایر روغن‌ها است و بر عکس در روغن سویا که حاوی میزان زیادی گاما و دلتا توکوفرول است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارند، میزان تشکیل پراکسید کم‌تر است.

برای بررسی اثر زمان حرارت‌دهی بر روی میزان فاکتورهای اندازه‌گیری شده برای هر یک از روغن‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 رویه‌ی REG و رگرسیون ساده خطی استفاده شد.

جدول ۲- میزان تغییرات هر فاکتور به ازای زمان حرارت دهی روغن های نباتی

ضریب تبیین	میزان معنی داری	ضریب رگرسیون	روغن	فاکتور اندازه گیری شده
0.9906	۰/۰۰۰۱	0.30	آفتابگردان	اسیدیته
0.9780	۰/۰۰۰۱	0.29925	بادام	اسیدیته
0.9781	۰/۰۰۰۱	0.23446	سویا	اسیدیته
0.9868	۰/۰۰۰۱	0.05109	آفتابگردان	رنگ
0.9799	۰/۰۰۰۱	0.04753	بادام	رنگ
0.9876	۰/۰۰۰۱	0.04808	سویا	رنگ
0.9686	۰/۰۰۰۱	0.74867	آفتابگردان	پراکسید
0.9768	۰/۰۰۰۱	0.70055	بادام	پراکسید
0.9628	۰/۰۰۰۱	0.55860	سویا	پراکسید
0.9651	۰/۰۰۰۱	-0.67413	آفتابگردان	توکوفرول
0.9278	۰/۰۰۰۱	-0.74103	بادام	توکوفرول
0.9548	۰/۰۰۰۱	-2.53264	سویا	توکوفرول

جدول ۳- ترکیب اسیدهای چرب نمونه های روغن حرارت دیده توسط ماکروویو در زمان های مختلف

روغن بادام زمینی				روغن سویا				روغن آفتابگردان				روغن حرارت دیده
۱۸	۱۰	۶	۰	۱۸	۱۰	۶	۰	۱۸	۱۰	۶	۰	زمان حرارت دهی ( دقیقه)
												ترکیب اسید چرب (%)
۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	میرستیک
۹/۴	۸/۹	۸/۸	۹/۳	۹/۳	۹/۳	۹	۸/۵	۹/۳	۹/۳	۹/۲	۹/۵	پالمیتیک
۲/۹	۲/۸	۲/۹	۲/۹	۳/۹	۳/۶	۳/۵	۳/۶	۰	۰	۰/۱	۰/۱	استئاریک
۴۴/۵	۴۵/۷	۴۶	۴۸/۶	۱۹/۵	۲۰	۲۰/۵	۲۱/۹	۵۳	۵۳/۵	۵۴/۲	۵۵	اولئیک
۳۰	۳۰/۵	۳۱	۳۲/۲	۵۳	۵۴	۵۵/۲	۵۷/۱	۲۹/۶	۳۰	۳۱/۵	۳۲/۱	لینولئیک
۱/۴	۱/۲	۱/۶	۱/۵	۵/۵	۵/۲	۵/۸	۶/۱	۰/۵	۰/۳	۰/۳	۰/۳	لینولنیک
۸	۷	۶/۹	۶	۳/۸	۵/۱	۲/۸	۲/۴	۴/۵	۳/۵	۲	۲/۸	۲۰ C - ۲۴ C
۳/۶	۳/۶	۲/۴	۰	۴/۴	۲/۲	۲/۴	۰	۲/۶	۲/۹	۲/۳	۰	سایر
۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۵	۰	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰	کل اسیدهای چرب اکسیژنه



جدول ۴- تعیین میزان ترکیبات مزدوج دوگانه و سه گانه در روغن‌های حرارت دیده با ماکروویو

درصد ترکیبات مزدوج سه گانه در ۲۶۸ نانومتر			درصد ترکیبات مزدوج دوگانه در ۲۳۴ نانومتر			زمان حرارت دهی (دقیقه)
بادام زمینی	سویا	آفتابگردان	بادام زمینی	سویا	آفتابگردان	
۰/۰۷۳۸	۰/۰۰۴۲	۰/۰۱۵۰	۰/۳۷۰۱	۰/۲۱۵۰	۰/۰۵۲۵	۰
۰/۰۷۹۱	۰/۰۵۸۳	۰/۰۹۹۱	۰/۵۲۸۷	۰/۳۹۵۶	۰/۵۷۳۳	۶
۰/۰۹۷۲	۰/۱۵۶۵	۰/۰۶۴۸	۰/۷۴۸۴	۰/۷۵۰۹	۰/۹۸۱۰	۱۰
۰/۱۲۵۰	۰/۲۰۱۳	۰/۱۹۸۸	۰/۸۵۹۲	۰/۸۴۸۳	۱/۰۶۹۸	۱۸

6-Bruhn, C.M. 1995. Consumer attitudes and market response to irradiated food. *J. of Food Protection*, 58:175-181.

7-Cossingnani, L., Simonetti, M.S., Neri, A. and Damiani, P. 1998. Changes in Olive Oil Composition Due to Microwave Heating. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75, 931-937.

8-Crawford, L.M. 1998. Food irradiation's advantages will not escape public attention. *Food Tech.* 52(1), 55-62.

9-Dostálova J., Hanzlik P., Peblova z', Pokorny J. 2005). Oxidative changes of vegetable oils during microwave heating. *Czech J. of Food Sci.* 23:230-239.

10-Giese, J.H. 1992. Special Report, in Advances in Microwave Food Processing. *Food Technol.* 46, (3) 118-123.

11-Hassanein M.M., El-Shami S.M. 2003 Changes occurring in vegetable oils composition due to microwave heating. *Grass Y Aceites*, 54:343-349.

12-Lukesova, D. Dostalova, J. 2009. Oxidation changes of vegetable oils during microwave heating. *Czech J. Food Sci.* 27:178-181.

13-Naz S., Sheikh H., Siddigir R. 2004. Oxidative stability of olive, corn and soybean oil under different conditions. *Food Chem.* 88:253-259.

14-Yoshida, H. Nobvhis, H., Kajimoto, G. 1990. Microwave Energy effects on quality of some seed oils. *J. of Food Sci.* 55: 1412-1416.

15-Yoshida, H. Kajimoto, G. 1989. Effect of Microwave Energy on the Tocopherols of Soybean Seeds. *J. of Food Sci.* 54, 1596-1600.

16-Yoshida, H. 2003. Influence of fatty acids of different unsaturation in the oxidation of purified vegetable oils during microwave irradiation. *J. Sci. of Food and Agri.* 62: 41-47.

#### ۴- نتیجه گیری

از نتایج به دست آمده می‌توان گفت که فرایند حرارت‌دهی با مایکروویو به طور مشخصی باعث کاهش کیفیت و ارزش تغذیه ای روغن‌ها می‌شود که این امر با افزایش زمان حرارت‌دهی تشدید می‌یابد. همچنین توکوفرول‌ها در چربی‌های غیر اشباع ناپایدار هستند و مقدار آن‌ها با افزایش زمان حرارت‌دهی کاهش می‌یابد. از دست دادن توکوفرول‌ها می‌تواند به علت تغییرات ناشی از پراکسیداسیون روغن‌های غیر اشباع باشد زیرا روغن‌های غیر اشباع تر، کاهش میزان توکوفرول بیشتری در طی حرارت‌دهی با مایکروویو از خود نشان دادند.

#### ۵- سپاس‌گزاری

بدین وسیله از باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس که تامین کلیه تسهیلات اعتباری و اجرایی این طرح را بر عهده داشتند، قدردانی می‌شود.

#### ۶- منابع

۱- روش اندازه‌گیری عدد اسیدی روغن‌ها و چربی‌های خوراکی. براساس روش استاندارد ایران به شماره‌ی ۴۱۷۸.

۲- روش اندازه‌گیری پراکسید روغن‌ها و چربی‌های خوراکی. براساس روش استاندارد ایران به شماره‌ی ۴۱۷۹.

3-AOCS Official Method ,Ce 8-89. Determination of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils and fats by HPLC

4-AOCS Official Method ,Ch 2-91(02). Preparation of Methyl Esters of Long-Chain Fatty Acids.

5-AOCS Official Method ,Ce 5-91(01). Determination of Specific Extinction of Oils and Fats, Ultraviolet Absorption.