

# تشخیص تقلبات روغن سویا در روغن کنجد بوسیله آنالیز پروفیل کروماتوگرام گازی مواد فرار روغن به روش ریز استخراج فاز جامد از فضای فوقانی با فیبر پلیمری نانوساختار

سجاد پیرسا<sup>1</sup>، محمد علیزاده<sup>2\*</sup>، نادر قهرمان نژاد<sup>3</sup>

- 1- استادیار و عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه  
2- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه  
3- دانش آموخته گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

## چکیده

در این تحقیق تقلبات استفاده از روغن سویا در روغن کنجد با روش مقایسه پروفیل کروماتوگرافی گازی مواد فرار روغن کنجد خالص (I = بدون روغن سویا) و روغن کنجد حاوی II = 5، III = 10، IV = 25 و V = 50 درصد روغن سویا بررسی گردید. برای استخراج مواد فرار از نمونه های روغن تهیه شده از روش ریز استخراج فاز جامد از فضای فوقانی<sup>1</sup> استفاده گردید. از فیبر پلی استری اصلاح شده با نانوکامپوزیت پلی پیرول- اکسید مس استفاده شد. ساختار نانوکامپوزیت سنتز شده با استفاده از تکنیک میکروسکوپ الکترونی در محدوده 15-30 نانومتر تایید شد. کروماتوگرام های حاصل از هر تزریق به 5 منطقه A = 0 تا 2؛ B = 0 تا 5؛ C = 5 تا 10؛ D = 10 تا 15 و E = 15 تا 20 دقیقه تقسیم بندی شده و تعداد پیک های ظاهر شده بررسی شد. برای هر نمونه روغن 12 تکرار و در مجموع 60 نمونه روغن در شرایط مختلف در نظر گرفته شد. تعداد پیک ها در هر ناحیه کروماتوگرافی با توجه به درصد تقلب روغن سویا در روغن کنجد اعداد متفاوتی را بدست داد. نتایج بدست آمده از آنالیز تفکیک کننده خطی (LDA)<sup>2</sup> تعداد پیک ها در هر ناحیه برای روغن های مختلف کنجد با درصدهای مختلف سویا توانایی روش ارائه شده برای بدست آوردن وجود یا عدم وجود تقلب در روغن کنجد و نیز درصد وجود تقلب روغن سویا در روغن کنجد را به خوبی نشان داد.

**کلید واژگان:** تقلبات روغن کنجد؛ پروفیل کروماتوگرام گازی؛ مواد فرار؛ نانوکامپوزیت؛ ریز استخراج فاز جامد

\*مسئول مکاتبات: [m.alizadeh@urmia.ac.ir](mailto:m.alizadeh@urmia.ac.ir)

1. HS-SPME (Head Space-Solid Phase Micro Extraction)  
2. Linear Discrimination Analysis

## 1- مقدمه

روغن کنجد مهمترین روغن در بین روغن‌های خوراکی است. دانه کنجد بیشترین میزان روغن را در بین دانه‌های روغنی دیگر داراست اما با وجود این تولید آن بسیار کمتر از دانه‌های دیگر نظیر آفتابگردان و سویا است. روغن کنجد به عنوان یک روغن با قیمت و کیفیت بالا شناخته می‌شود. این روغن بیشترین مقاومت و ماندگاری را در بین روغن‌های خوراکی با درصد بالای چربی غیراشباع دارد. نوع لیگنان و آنتی اکسیدان‌های طبیعی موجود در این روغن باعث بروز مقاومت بسیار بالا در برابر اکسیداسیون و خواص فیزیولوژیکی ارزشمند روغن کنجد شده است. روغن کنجد برای مصرف سرخ کردن، پخت و پز و سالاد استفاده می‌شود که دلیل آن مربوط به ترکیب اسیدهای چرب آن می‌باشد [1 و 2].

این روغن به گروه اسیدهای اولئیک - لینولئیک متعلق است که کمتر از 15 درصد اسید چرب اشباع دارد و بیشترین آن پالمیتیک و استئاریک و بیش از 85 درصد مجموع اسیدهای چرب آن غیراشباع است. بیش از 80 درصد کل اسیدهای چرب روغن کنجد شامل اسید اولئیک و اسید لینولئیک می‌باشد [3].

تقلبات مواد غذایی بر اساس میزان خطر آن برای مصرف کننده به دو دسته تقلبات خطرناک و کم خطر تقسیم می‌شود. به عنوان مثال: افزایش نشاسته به ماست که به منظور قوام بیشتر آن انجام می‌شود به عنوان یک تقلب کم خطری باشد در صورتی که استفاده از یک رنگ سبز صنعتی برای زیبا ساختن محصولی مثل خیارشور به طور مستقیم سلامت مصرف کننده را مورد خطر قرار می‌دهد [4 و 5]. بسیاری مواقع تقلبات جنبه اقتصادی داشته و برای بهره‌وری اقتصادی صورت می‌گیرد. به عنوان مثال مخلوط کردن روغن حیوانی را با انواع روغن گیاهی مانند روغن ذرت، روغن سویا، روغن پنبه دانه، روغن آفتابگردان، روغن مغزهای خوردنی به منظور سود بیشتر صورت می‌گیرد. مورد دیگر تقلب در روغن، مخلوط کردن روغن دنبه و پیه به روغن‌های حیوانی و حتی روغن‌های گیاهی است. از تقلبات دیگر روغن‌ها افزودن روغن‌های ارزاتر از روغن کنجد مانند روغن سویا و غیره به این روغن گرانتیمت می‌باشد [6 و 7].

سویا روغنی است که در تهیه مواد شیمیایی نقش عمده دارد. این روغن حاوی اسید لینولئیک بسیار بالایی است و به همین دلیل از آن نمی‌توان برای تهیه روغن سرخ کردنی استفاده کرد [8]. دانه سویا از لحاظ اسید آمینه میتونین نسبت به کنجد فقیر است و

بیش از سایر دانه‌ها به پروتئین حیوانی شباهت دارد. روغن سویا 49 درصد لینولئیک اسید و 25 درصد اسیداولئیک دارد، درصد روغن سویا از سایر دانه‌های کنجد بسیار کمتر است. آلرژیک به سویا معمول بوده و هر کسی قادر به استفاده از روغن سویا نیست. نشانه‌های حساسیت به سویا متفاوت بوده و می‌تواند شامل آب ریزش بینی، التهاب دستگاه گوارش و یا افت فشار ناگهانی شود. سویا خطر خونریزی را افزایش می‌دهد و در افرادی که داروهای رقیق کننده خون مصرف می‌کنند، یا اختلالات خونریزی دارند می‌بایست با احتیاط و کم مصرف شود. سویا ممکن است سطح قندخون را پایین بیاورد پس افراد دیابتی و یا کسانی که قند خون پایینی دارند باید با احتیاط آنرا مصرف کنند. افرادی که دچار کم خونی، فیبروز کیستیک یا اختلالات تیروئید، معده، روده، سیستم ایمنی و قلبی دارند، باید با احتیاط مصرف شود. افراد مبتلا به نقرس بهتر است مصرف سویا را کم و محدود نمایند [9 و 10]. مجموع موارد بالا تقلبات روغن سویا در روغن کنجد و بررسی و شناسایی آن را با اهمیت جلوه می‌دهد.

روش سنتز شیمیایی یا روش محلول شامل رشد و رسوب نانوذرات در یک واسطه مایع حاوی انواع واکنشگر می‌باشد و معمولترین نمونه روش سل-ژل می‌باشد. برای کنترل شکل نهایی و اندازه ذرات می‌توان فرایند را با انتخاب مواد شیمیایی تشکیل دهنده ذرات پایدار متوقف نمود [11 و 12].

پلیمرهای هادی به عنوان دسته جدیدی از مواد که در زمینه‌های مختلف استفاده‌های گسترده‌ای دارند مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این پلیمرها به دلیل کاربردهای آنها در عملگرها<sup>1</sup>، حسگرها و جاذب‌ها، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. پلیمرهای هادی دسته‌ای از پلیمرهای آلی هستند که بدون افزودن هیچ ماده هادی، رسانای جریان الکتریسیته می‌باشند و درصد تخلخل بالایی دارند. رسانایی این پلیمرها به سبب وجود سیستم  $\pi$ -الکترونی مزدوج در طول ساختار پلیمر می‌باشد. اکثر فرم‌های این پلیمرها دارای نقاط فعال سطحی با بار مثبت می‌باشند، که در کنار این بارهای مثبت یونهای با بار منفی قرار دارد. در دهه‌های اخیر رشد زیادی در توسعه پلیمرهای هادی به سبب خواص چند عاملی و پتانسیلهای کاربردی مختلف شامل تبادلگر یونی، جاذب‌های شیمیایی و الکتروشیمیایی، پوششهای مقاوم در برابر خوردگی، حسگرهای شیمیایی و جداسازی صورت گرفته است [13 و 14].

پیک های مواد فرار روغن کنجد دمای اولیه ستون به مدت 1 دقیقه در دمای 50 درجه سلسیوس قرار گرفت سپس با سرعت 2 درجه سلسیوس در دقیقه به دمای 80 درجه سلسیوس رسید و به مدت 5 دقیقه در آن دما ننگه داشته شد. دمای دریچه تزریق و آشکارساز به ترتیب در دمای 250 و 200 درجه سلسیوس تنظیم گردید. سرعت جریان گاز حامل نیتروژن 2 میلی لیتر در دقیقه و سرعت جریان گاز نیتروژن به عنوان گاز کمکی 25 میلی لیتر در دقیقه تنظیم شد. ستون استفاده شده برای جداسازی ستون موئینه سیلیسی ساخت کشور آمریکا بوده و طول ستون 30 متر و قطر آن 0/25 میلی متر و ضخامت فاز جامد 0/32 میکرومتر می باشد.

## 2-1- سنتز نانو کامپوزیت پلی پیروول-اکسید

### مس بر روی بستر پلی استری

برای آماده سازی بستر پلی استری ابتدا سطح فیبر های پلی استری توسط محلول شوینده و آب شسته شد و سپس در دمای 60 درجه سلسیوس خشک گردید. برای پوشش دهی بستر پلی استری با نانو کامپوزیت پلی پیروول-اکسید مس، در یک بشر حاوی 50 میلی لیتر آب مقطر مورد نیاز پیروول و اکسید مس ( $\text{CuCl}_2$ ) اضافه شده و بشر با همزدن در دمای محیط قرار گرفت پس از یکنواخت شدن دمای محلول داخل بشر، مقداری بستر پلی استری مورد نیاز بداخل بشر اضافه شد و پس از 5 دقیقه مقدار مورد نیاز آمونیاک قطره قطره به داخل بشر اضافه شد تا pH محیط به 10 برسد، pH محیط توسط pH متر بررسی گردید. سپس مقدار مورد نیاز کلرید آهن 3 به عنوان اکسیدان و آغاز کننده ی پلیمریزاسیون که در 10 میلی لیتر آب مقطر حل شده است در مدت 5 دقیقه قطره قطره به داخل بشر اضافه شد. دمای محلول سنتزی تا 90 درجه سانتی گراد افزایش داده شد و واکنش به مدت 20 دقیقه در دمای 90 درجه سانتی گراد ادامه یافت. در طول آزمایش محلول داخل بشر توسط همزن مغناطیسی همزده می شد. پس از انجام عمل پوشش دهی، بستر پلی استری پوشش داده شده از محلول خارج شد و ابتدا با آب مقطر شسته شدند و سپس در محلول آب و شوینده شسته شد تا مواد اضافی موجود در بستر خارج شود. در انتها بستر در آن با دمای 50 درجه ی سانتی گراد به مدت 30 دقیقه خشک گردید.

## 2-2- استفاده از فیبر پلی پیروول-اکسید مس

### برای استخراج

فیبر پلی پیروول-اکسید مس تهیه شده در تیوب نگهدارنده فیبر در سرنگ مخصوص SPME (که توسط گروه تحقیقاتی دکتر

اصول روش SPME بر مبنای استفاده از حجم خیلی کوچکی از فاز استخراجی است که روی سطح جاذب جامد نشانده می شود. فاز استخراجی ممکن است یک مایع پلیمری با وزن مولکولی بالا باشد که در آن استخراج با انتقال گونه به داخل فاز آلی انجام می گیرد و یا ممکن است جاذب، جامد متخلخلی باشد که در آن استخراج به دنبال جذب گونه روی سطح جامد رخ می دهد [15]. اگر چه در این روش، استخراج کامل آنالیت ها از ماتریکس نمونه امکان پذیر نیست، اما توانایی تغلیظ بالا و گزینش پذیری تکنیک و آنالیز مستقیم مخلوط های استخراج شده با حساسیت بالا را ممکن می سازد. با توجه به اهمیت روغن کنجد برای بررسی تقلبات روغن کنجد می توان از پروفیل کروماتوگرام گازی مواد فرار آن استفاده کرد [16 و 17].

در این تحقیق با مقایسه پروفیل کروماتوگرافی مواد فرار روغن کنجد خالص و روغن کنجد مخلوط شده با درصد های مختلف روغن سویا میزان خلوص روغن کنجد و تقلبات روغن سویا در روغن کنجد بررسی شد. برای استخراج مواد فرار روغن ها از تکنیک ریز استخراج فاز جامد از فضای فوقانی با فیبر پلی استری اصلاح شده با نانو کامپوزیت پلی پیروول-اکسید مس استفاده شد.

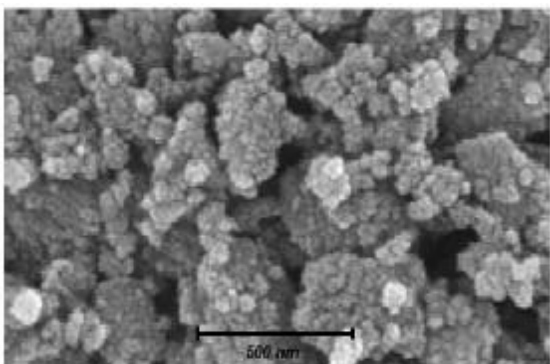
## 2- مواد و روش ها

مونومر پیروول از شرکت مرک تهیه شد و قبل از مصرف تحت خلا تقطیر شد و با کلرید آهن III و دی کلرید مس مورد استفاده قرار گرفت. کلرید آهن III؛ آمونیاک و دی کلرید مس که از شرکت مرک تهیه شده بودند بدون خلوص سازی مجدد مورد استفاده قرار گرفتند. در تمام آزمایشات و برای تهیه ی محلول از آب مقطر دوبار تقطیر استفاده شد. تصاویر SEM<sup>1</sup> با استفاده از میکروسکوپ الکترون روبشی S4160C Hitachi ساخت کشور ژاپن ثبت شد. سرنگ هامیلتونی 10 و 25 میکرولیتری و پیت های مدرج 2 و 5 میلی لیتری برای برداشتن حجم های مورد نیاز بکار رفت. شیشه های 12 میلی لیتری با درب سیلیکونی و پارافیلیم و درپوش آلومینیومی پرسی برای انجام میکرو استخراج با روش SPME-GC به کار گرفته شد.

دستگاه کروماتوگرافی گازی اجیلنت 7890 ساخت کشور آمریکا مجهز به شناساگر یونیزاسیون شعله ای<sup>2</sup> و دریچه تزریق انشعابی/غیر انشعابی<sup>3</sup> استفاده شد. از نرم افزار chemstation برای ثبت پیک ها و آنالیز داده ها استفاده شد. برای جداسازی

1. Scanning Electron Microscope  
2. Flame Ionization Detector (FID)  
3. Split/Splitless injection system

اندازه های 30-150 نانومتر می باشد. همانطور که از تصاویر مشخص است در شکل مربوط به نانوکامپوزیت ذرات دانه ای اکسید مس در داخل ذرات کروی پلی پیرویل قرار گرفته اند.



**Fig 1** SEM image of the PPy-CuO film on the surfaces of the polyester fiber

### 3-2- طیف FT-IR پلی پیرویل و نانوکامپوزیت

#### پلی پیرویل - اکسید مس

برای بررسی تشکیل نانو کامپوزیت پلی پیرویل-اکسید مس و ساختار پلیمرهای سنتز شده از پلیمرهای سنتز شده در حضور اکسید مس و نیز از پلیمر سنتز شده در عدم حضور آن طیف FT-IR تهیه شد و مورد مقایسه قرار گرفت. در شکل 2 طیف a مربوط به پلی پیرویل با آنیون دوپان  $Cl^-$  و طیف b مربوط به نانو کامپوزیت پلی پیرویل-اکسید مس می باشد.

پیک های موجود در ناحیه 1540 و  $1454\text{ cm}^{-1}$  به ترتیب مربوط به ارتعاش های کششی  $C=C$  و  $C-N$  می باشند، پیک های موجود در ناحیه 1300 و  $1176\text{ cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاش کششی مسطح  $-CH=$  می باشد [18 و 19] و نیز نشان می دهد که پلی پیرویل در حالت دوپه قرار دارد [20].

پیک های نشان دهنده حضور  $CuO$  در ساختار نانوکامپوزیت به ترتیب زیر می باشند:

1- پیک های ناحیه  $984\text{ cm}^{-1}$  و  $426\text{ cm}^{-1}$  نشان دهنده حضور نانوذرات  $CuO$  در ترکیب می باشند.

2- پیک های ناحیه  $606\text{ cm}^{-1}$  و  $525\text{ cm}^{-1}$  و  $432\text{ cm}^{-1}$  نشان دهنده ارتعاش کششی بین  $Cu$  و  $O$  در طول و جهت های مختلف ترکیب در نانوکامپوزیت می باشد [21].

3- پیک ناحیه  $606\text{ cm}^{-1}$  نیز نشان می دهد که پیوند بین  $Cu$  و  $O$  در ساختار وجود دارد [21].

پیرسا و دکتر عزیزاده طراحی شده است) قرار داده شد. قبل از استفاده از فیبر برای آزمایش SPME فیبر برای 20 دقیقه در دمای 100 درجه سلسیوس و سرانجام به مدت یک ساعت در دمای 220 درجه سلسیوس تحت جریان گاز نیتروژن در منطقه تزریق دستگاه کروماتوگرافی گازی آماده سازی شد، به نحوی که آلودگی های آن کاملا برطرف شد.

### 2-3- عملیات استخراج مواد فرار از نمونه های روغن

#### روغن

2 میلی لیتر روغن نمونه در داخل شیشه های 12 میلی لیتری حاوی مگنت با درب سیلیکونی و پارافیلیم و در پوش آلومینیومی پرسی قرار داده شد. سرنگ طراحی شده حاوی فیبر پلی پیرویل-اکسید مس در فضای فوقانی شیشه قرار گرفت به طوری که فیبر در تماس با بخارات نمونه قرار گیرد. شیشه بر روی یک هیتر استیبر قرار گرفت. مواد فرار روغن در تماس با فیبر تهیه شده جذب فیبر می شوند. بعد از جذب مواد فرار، فیبر توسط سرنگ طراحی شده از شیشه خارج شده و بلافاصله به محل تزریق دستگاه کروماتوگرافی گازی انتقال داده می شود. با توجه به نتایج تجربی که از کارهای تحقیقاتی قبلی بدست آمده است زمان استخراج 20 دقیقه و دمای استخراج 80 درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد.

### 2-4- آنالیز آماری

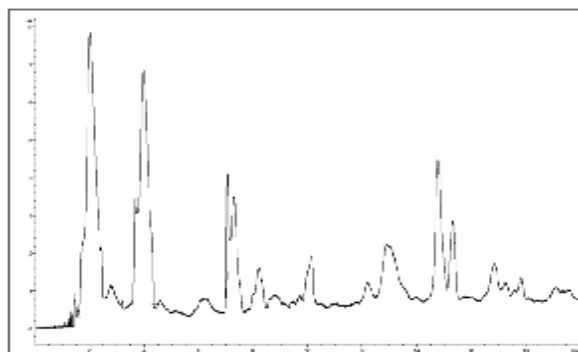
ماتریس داده 5 ستونی و 60 ردیفی برای محاسبات کمومتری حاصل شد. از آنالیز تفکیک کننده خطی (LDA) برای تمایز سطوح مختلف تقلب روغن سویا در روغن کنجد استفاده گردید. برای آنالیز داده ها از نرم افزار Minitab ورژن 17,1,0 استفاده گردید.

### 3- نتایج و بحث

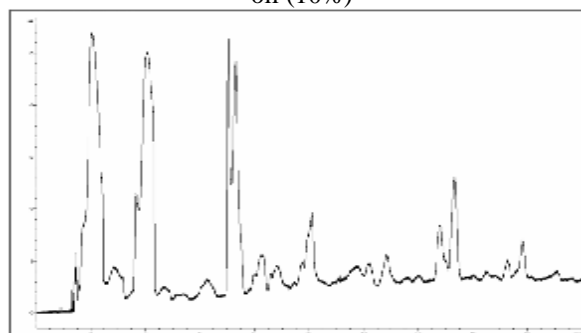
#### 3-1- مطالعه مورفولوژی پلیمر تهیه شده با

#### استفاده از تصاویر SEM

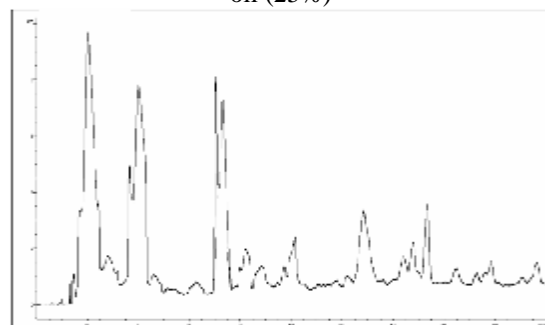
با استفاده از تکنیک SEM مورفولوژی سطح پلی استر پوشیده شده با نانو کامپوزیت پلی پیرویل-اکسید مس مورد مطالعه قرار گرفت. شکل 1 تصویر SEM نانوکامپوزیت پلی پیرویل-اکسید مس سنتز شده بر روی بستر پلی استری را نشان می دهد. با توجه به آنچه از شکل بدست آمده است نانوکامپوزیت پلی پیرویل-اکسید مس سنتز شده بر روی بستر پلی استری دارای



**Fig 4** GC-FID chromatogram of volatile organic compounds of sesame oil adulterated with soybean oil (10%)



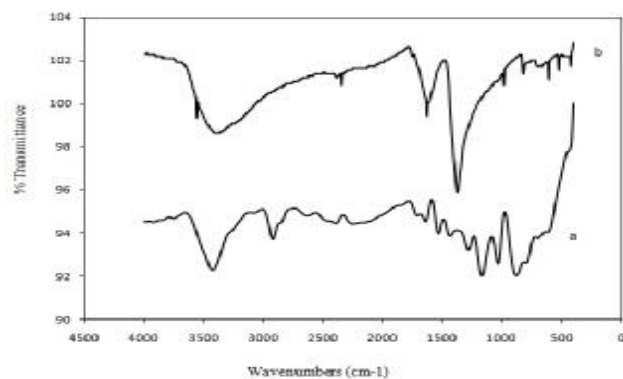
**Fig 5** GC-FID chromatogram of volatile organic compounds of sesame oil adulterated with soybean oil (25%)



**Fig 6** GC-FID chromatogram of volatile organic compounds of sesame oil adulterated with soybean oil (50%)

همانطور که از تصاویر مشخص است شکل پیک های کروماتوگرافی و نیز تعداد پیک های کروماتوگرافی برای نمونه خالص کنجد و نمونه های کنجد حاوی درصد های مختلف سویا متفاوت است.

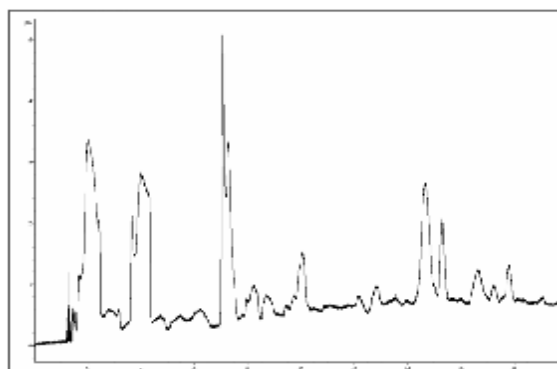
برای بررسی و آنالیز روغن کنجد خالص و تقلبی کروماتوگرام های حاصل از تزریق مواد فرار به دستگاه کروماتوگرافی گازی به 5 منطقه منطقه A=0 تا 2؛ B=0 تا 5؛ C=5 تا 10؛ D=10 تا 15 و E=15 تا 20 دقیقه تقسیم بندی شده و تعداد پیک های ظاهر شده در هر ناحیه برای روغن خالص کنجد و روغن های



**Fig 2** FT-IR spectra of the PPy (a) and PPy-CuO composite (b)

### 3-3- طراحی آزمایش

در این تحقیق برای مقایسه پروفیل کروماتوگرافی گازی مواد فرار روغن کنجد خالص (I = بدون روغن سویا) و روغن کنجد حاوی II = 5، III = 10، IV = 25 و V = 50 درصد روغن سویا 60 نمونه روغن که از هر نمونه 12 نمونه تهیه شده بود آماده شد. مجموعاً 60 نمونه روغن کنجد با درصدهای مختلف روغن سویا تهیه شد که در طول 2 هفته مواد فرار آنها با روش ریز استخراج از فضای فوقانی نمونه های روغن با فیبر پلی استری اصلاح شده با نانوکامپوزیت پلی پیروول - اکسید مس استخراج گردیده و به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق گردید. شکل 3 تا 6 به ترتیب کروماتوگرام های حاصل از تزریق مواد فرار نمونه های کنجد خالص؛ کنجد با افزوده 10 درصدی سویا؛ کنجد با افزوده 25 درصدی سویا و کنجد با افزوده 50 درصدی سویا را نشان می دهد.



**Fig 3** GC-FID chromatogram of volatile organic compounds of pure sesame oil

حاوی سویا ثبت گردید. جدول 1 تعداد پیک ها در نواحی پنج گانه کروماتوگرام های حاصل از تزریق مواد فرار 60 نمونه روغن به دستگاه را نشان می دهد.

**Table 1** the number of peaks in the five regions of the chromatograms

Sample	A 0-2 (minute)	B 0-5 (minute)	C 5-10 (minute)	D 10-15 (minute)	E 15-20 (minute)
I3	0	3	6	3	3
I12	0	4	6	3	2
I7	0	4	6	3	2
I8	-	-	-	-	-
I6	-	-	-	-	-
I2	0	4	6	3	4
I I10	0	4	6	3	3
I I11	0	4	6	3	3
I I4	0	4	6	3	3
I I1	0	4	6	3	3
I I5	0	4	6	3	3
I I9	0	4	6	3	3
II4	1	5	7	4	3
II3	1	5	7	4	3
II1	1	5	7	4	2
II10	1	5	7	4	3
II6	1	5	7	4	3
II I2	1	5	7	4	3
II I7	1	5	7	4	4
II I12	1	5	7	4	3
II I9	1	5	7	4	3
II I8	1	5	7	4	3
II I11	1	5	7	4	3
II I5	1	5	7	4	3
III6	1	6	8	6	3
III10	-	-	-	-	-
III12	-	-	-	-	-
III9	1	6	8	6	3
III I7	1	6	8	5	4
III I11	1	7	8	6	3
III I4	1	6	8	6	3
III I8	1	6	8	6	3
III I1	1	6	8	6	3
III I5	1	6	8	6	3
III I2	1	6	8	6	3
III I3	1	6	8	5	3

Table 1 (continued)

Sample	A 0-2 (minute)	B 0-5 (minute)	C 5-10 (minute)	D 10-15 (minute)	E 15-20 (minute)
IV8	1	7	9	6	1
IV12	1	7	9	6	1
IV9	1	7	9	6	1
IV12	1	7	9	6	1
IV5	1	7	8	6	1
IV6	1	6	9	6	2
IV4	1	7	9	6	1
IV10	1	7	9	6	1
IV7	1	6	9	6	1
IV3	1	7	9	6	1
IV11	1	7	9	6	1
IV2	1	7	9	6	1
V4	2	8	9	6	1
V2	-	-	-	-	-
V10	-	-	-	-	-
V7	2	8	8	6	1
V12	2	8	9	6	1
V11	2	8	9	6	2
V9	2	8	9	6	1
V6	2	8	9	6	1
V2	2	8	9	6	2
V3	2	8	9	6	1
V3	2	8	9	6	1
V5	-	-	-	-	-

## 3-4- آنالیز تفکیک کننده

حصول توابع تمایز خطی قرار دارد که در این توابع متغیر وابسته

(دسته ها) کیفی و متغیرهای مستقل کمی می باشند.

در جدول 2 توابع تفکیک کننده خطی با چهار متغیر مستقل B

C, D, و E همراه با ضرایب هرکدام از این متغیرها نشان داده شده است.

آنالیز تفکیک کننده خطی یک روش تقسیم بندی هدایت شده است که در آن تعداد دسته ها و نمونه هایی که در هر دسته قرار می گیرند از قبل تعریف شده اند. این تکنیک آماری بر اساس

Table 2 Linear discriminant functions for different groups of adulterated oil

	I	II	III	IV	V
constant	-609.9	-926.2	-1423.0	-1588.2	-1693.4
B	51.9	65.8	77.1	83.6	97.0
C	107.5	128.0	146.3	164.1	164.8
D	108.6	192.2	185.3	184.8	184.3
E	30.2	34.9	41.9	30.5	32.9

هر نمونه 12 تکرار انجام پذیرفت. مجموعاً 60 نمونه روغن تهیه شده و مواد فرار آنها به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق و پروفیل کروماتوگرافی آنها ثبت گردید. کروماتوگرام های حاصل از تزریق نمونه ها به 5 ناحیه کروماتوگرافی تقسیم بندی شده و با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج بدست آمده نشان داد تعداد پیک ها در نواحی 5 گانه کروماتوگرافی برای روغن کنجد خالص با نمونه های تقلبی متفاوت است. روش آنالیز تفکیک کننده خطی ارائه شده به راحتی قادر است خالص بودن یا نبودن روغن کنجد و حتی درصد ناخالصی روغن سویا در روغن کنجد را شناسایی کند.

## 5- منابع

- [1] Dalal I, Goldberg M, Katz Y. Sesame seed food allergy. *Current Allergy Asthma Reports* 2012; 12: 339-45.
- [2] Kamal E, Afaf A. The effects of extraction methods on sesame oil stability. *Journal of the American Oil Chemists Society* 1995; 72: 967-969.
- [3] Gangur V, Kelly C, Navuluri L. Sesame allergy: a growing food allergy of global proportions. *Ann Allergy Asthma Immunology journal* 2005; 95: 4-11.
- [4] Christopoulou E, Lazaraki M, Komaitis M, Kaselimis K. Effectiveness of determination of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of olive oils with vegetable oils. *Food Chemistry* 2004; 84: 463-474.
- [5] Dennis M. J. Recent developments in food authentication. *Analyst* 1998; 123: 151-156.
- [6] Lopez-Feria S, Cardenas S, Garca-Mesa J. A, Valcarcel M. Classification of extra virgin olive oils according to the protected designation of origin, olive variety and geographical origin. *Talanta* 2008; 75: 937-943.
- [7] Nagy K, Bongiorno D, Avellone G, Agozzino P, Ceraulo L, Vekey K. High performance liquid chromatography-mass spectrometry based chemometric characterization of olive oils. *Journal of Chromatography A* 2005; 1078: 90-97.
- [8] Heald C. L, Ritchie M. R, Bolton-Smith C, Morton M. S, Alexander F. E. Phytoestrogens and risk of prostate cancer in

همانطور که این جدول نشان می دهد با افزایش درصد روغن سویا ضرایب متغیر های B و C بطور پیوسته افزایش می یابد. شکل 4 تقسیم بندی روغن های مختلف را بر اساس مناطق مختلف کروماتوگرام گازی را نشان می دهد. همانطور که شکل نشان می دهد روغن های متعلق به سطح اختلاط مشابه بطور کارآمدی در کنار هم قرار گرفته اند و روغن های مختلف از همدیگر جداسازی شده اند.

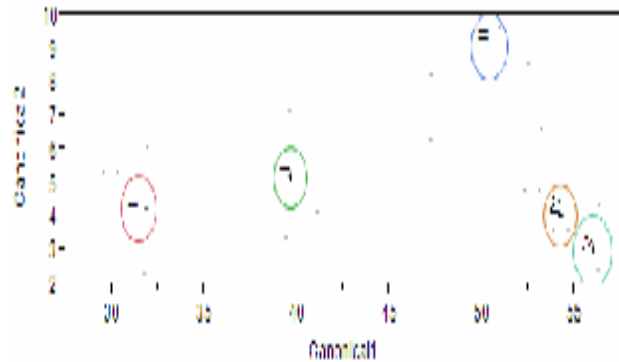


Fig 4 the LDA model chart for determination of different adulterated oils

بطور کلی نتایج آنالیز تفکیک کننده خطی نشان داد که با در نظر گرفتن تعداد پیکها در مناطق مختلف کروماتوگرام گازی می توان روغن های کنجد تقلب شده با درصدهای مختلف روغن سویا را بطور کامل از همدیگر متمایز کرد.

## 4- نتیجه گیری

بررسی تقلبات روغن سویا در روغن کنجد با استفاده از پروفیل کروماتوگرافی گازی مواد فرار صورت گرفت. برای تهیه کروماتوگرام های گازی مواد فرار نمونه های روغن، از فیبر پلی استری اصلاح شده با نانوکامپوزیت پلی پیروول- اکسید مس استفاده شد. مواد فرار نمونه های روغن با روش ریز استخراج فاز جامد از فضای فوقانی نمونه ها استخراج گردیده و به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق گردید. مورفولوژی و ویژگی نانوکامپوزیت سنتز شده با تکنیک های روبش میکروسکوپ الکترونی و FT-IR بررسی شد. اندازه نانوکامپوزیت سنتز شده بین 50 تا 150 نانومتر بود. 5 نمونه روغن کنجد شامل روغن کنجد خالص (I = بدون روغن سویا) و روغن کنجد حاوی II = 5, III = 10, IV = 25 و V = 50 درصد روغن سویا تهیه شد که از



- SPME) based on overoxidized sulfonated polypyrrole. *Talanta* 2005; 67: 245-249.
- [16] Arthur C.L, Killam L.M, Buchholz K.D, Berg J.R, Pawliszyn J. Automation and optimization of solid-phase microextraction. *Analytical Chemistry* 1992; 64: 1960.
- [17] Mester Z, sturgeon R, Pawliszyn J. Solid phase microextraction as a tool for trace element speciation. *Spectrochimica Acta* 2001; 56: 233.
- [18] Anand J, Palaniappan S, Sathyanarayana D.N. Conducting polyaniline blends and composites. *Progress Polymer Science* 1998; 23: 993-1018.
- [19] Bhattacharya A, De, A. Conducting composites of polypyrrole and polyaniline a review. *Progress Solid State Chemistry* 1996; 24: 141-181.
- [20] Syritski V, Reut J, Menaker A, Gyurcsányi R.E, Öpik A. Electrosynthesized molecularly imprinted polypyrrole films for enantioselective recognition of L-aspartic acid. *Electrochimica Acta* 2008; 53: 2729-2736.
- [21] Kong Y, Zhao W, Yao S, Xu J, Wang W, Chen Z. J. Molecularly imprinted polypyrrole prepared by electrodeposition for the selective recognition of tryptophan enantiomers. *Applied Polymer Science* 2010; 115: 1952-1957.
- Scottish men. *British Journal of Nutrition* 2007; 98: 388-96.
- [9] Messina M. Soybean isoflavone exposure does not have feminizing effects on men: A critical examination of the clinical evidence. *Fertility and Sterility* 2010; 93: 2095-104.
- [10] Yan L, Spitznagel E. Soy consumption and prostate cancer risk in men: a revisit of a meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2009; 89: 1155-63.
- [11] Bartlett P.N, Archer P.B.M, Ling-Chung S.K. Conducting polymer gas sensors. Part I. Fabrication and characterization. *Sensor Actuators* 1989; 19: 125-140.
- [12] Bartlett P.N, Gardner J.W, Whitaker R.G. Electrochemical deposition of conducting polymers onto electronic substrates for sensor applications. *Sensor Actuators A: Physical* 1990; 23: 911-914.
- [13] Oh E. J, Jung K.S, Macdiarmid A.G. High molecular weight soluble polypyrrole. *Synthetic Metals* 2002; 125: 267-272.
- [14] Diaz A.F, Kanazawa K.K, Gardini G.P. Electrochemical polymerization of pyrrole, *Journal of the Chemical Society. Chemical Communications* 1979; 635-636.
- [15] Tamer U, Ertas N, Udum Y.A, Sahin Y, Pekmez K, Yildiz A. Electrochemically controlled solid-phase microextraction (EC-

## Determination of soybean oil Adulteration in sesame oil by volatile organic compounds profile by polypyrrole-CuO nanocomposite modified polyester fiber as a solid phase microextraction agent/gas chromatography

Pirsa, S.<sup>1</sup>, Alizadeh, M.<sup>1\*</sup>, Ghahraman-nejad, N.<sup>1</sup>

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

New Polypyrrole-CuO nanocomposite modified polyester fibers have been prepared by solution polymerization in the basic solution in the presence of pyrrole, FeCl<sub>3</sub> and CuCl<sub>2</sub>. The morphology of the Polypyrrole-CuO film on the surface of the fibers was examined by scanning electron microscope (SEM). The presence of the CuO particle in the polypyrrole-CuO nanocomposite was verified by FT-IR spectroscopy. The synthesized particles (30-150 nanometers) were observed according to the SEM results. The synthesized fiber was used as a headspace solid phase microextraction (HS-SPME) agent to extract VOCs from sesame oil and analysis by gas chromatography. The gas chromatogram profile of pure sesame oil and sesame oil samples mixed with different proportion of soybean oil was compared and used to authentication of pure sesame oil determination. The results showed that the VOCs profile of net sesame oil is different from adulterated oils. In the gas chromatogram profile 5 section of chromatogram distinguished (A=0-2, B=0-5, C=5-10, D=10-15 and E=15-20 minutes) and used for classification of different oil groups applying linear discrimination analysis (LDA). Data analysis showed that this technique has capability to detect adulteration of sesame oil with soybean oil.

**Keywords:** Sesame oil, Adulteration, Linear discriminant analysis, Nanocomposite, Gas chromatogram profile

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: [m.alizadeh@urmia.ac.ir](mailto:m.alizadeh@urmia.ac.ir)