Archive of SID

مجله پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۱/ ۱۹ شماره ۲/ سال ۱۳۸۸

جداسازی محصولات اکسیداسیونی فیتواسترول ها در روغن‌های گیاهی با کروماتوگرافی ستونی

بهرام فتحی آچاچلوئی[۱]*، صدیف آزادمرد دمیرچی[۲]، رضا سید شریفی[۱] و سید حسین جلالی[۲]

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۱۱

۱- مربی دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- به ترتیب استادیار و مربی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه E-mail:bahram1356@yahoo.com

چکیده

یکی از مهمترین مراحل در تعیین محصولات اکسیداسیونی فیتواسترول ها (POPs) در مواد غذایی، غنی سازی و خالص سازی آنها با روش های مختلف قبل از آنالیز با کروماتوگافی گازی (GC) یا کروماتوگرافی گازی- اسپکترومتری جرمی(GC-MS) است. دراین مطالعه، روش کروماتوگرافی ستونی (SPE) (۱گرم سیلیکا) جدیدی برای غنی سازی و جداسازی POPs، مناسب برای نمونه‌های روغن ترانس استریفیه شده ابداع شد. این روش بازیابی بالایی (۹۶-۸۸ درصد) برای محصولات اکسیداسیونی نشان داد. روش جدید برای نمونه های روغن زیتون، فندق و ذرت بکار برده شد و یازده محصول اکسیداسیونی شناسایی گردید که ذرت بیشترین مقدار (۲۴ppm) را داشت. در بین محصولات اکسیداسیونی نیز 6β-hdroxysitostanol و 6β-hydroxycampestanol بیشترین مقدار را در روغنهای آنالیز شده دارا بودند. همچنین روش جدید، ظرفیت نمونه ای بالا (تا ۱ گرم روغن) را داشت که برای محصولات غذایی با فیتواسترول بالا نیز کارایی دارد. روش معرفی شده در این تحقیق ساده و سریع می باشد که جداسازی و غنی سازی POPs را برای آنالیزهای بعدی با GC و GC-MS تسهیل می کند.

واژه‌های کلیدی: فیتواسترول‌ها، کروماتوگرافی گازی، کروماتوگرافی گازی - اسپکترومتری جرمی، محصولات اکسیداسیونی فیتواسترول‌ها، SPE

www.SID.ir

Archive of SID

Separation of Phytosterol Oxidation Products in Vegetable Oils by Column Chromatography

B Fathi-Achachlouei[1], S Azadmard-Damirchi[2], R Seyedsharifi[1] and SH Jalali[2]

[1]Lecturer, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[2]Assistant Professor and Lecturer, Department of Food Science and Technology, University of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding author: E-mail:bahram1356@yahoo.com

Abstract

One of the most important steps to determine phytosterol oxidation products (POPs) in foods is their enrichment and purification with different methods before GC or GC-MS analysis. In this study, a new SPE method (1 g, silica) was developed to enrich and separate POPs from transesterified oils. This method showed high recovery (88- 96%) for oxidation products. New method was applied to olive, hazelnut and corn oils. Eleven oxidation products were characterized which corn oil had the highest amount (24 ppm). Among oxidation products in oils, 6β-hydroxysitostanol and 6β-hydroxycampestanol had the highest amounts. This new method had high sample capacity (up to 1 g oil) and could be also applied for food products with high phytosterol content. The new method developed in this study was simple and rapid, which simplifies separation and enrichment of POPs for further analysis by GC and GC-MS.

Keywords: Gas chromatography, Gas chromatography-mass spectrometry, Pytosterols, Pytosterol oxidation products, SPE

مقدمه

فیتواسترول ها یکی از مهمترین ترکیبات موجود در مواد غیر قابل صابونی شونده چربیها وروغنهای خوراکی بوده و از لحاظ تغذیه ای و پایداری روغنها وچربیهای خوراکی دارای اهمیت زیادی هستند. فیتواسترول ها در کاهش کلسترول تام و کاهش کلسترول لیپوپروتئین های کم دانسیته (LDL) سرم خون و بیماریهای قلبی عروقی در انسان نقش بسزایی دارند (مورا ۲۰۰٤). این ترکیبات نیز همانند سایر لیپید های غیر اشباع وقتی در معرض هوا، حرارت، نور و کاتالیزورهای شیمیایی قرار گیرند، می توانند اکسیده شوند. اخیرا گزارش هایی در مورد زیان های احتمالی محصولات اکسیداسیونی فیتواسترول ها (POPs)[1] بر سلامتی انسان گزارش شده است (دوتا ۲۰۰۴). به همین دلیل تحقیقات زیادی در حال انجام است تا بتوان با روشی ساده و قابل اعتماد این مواد را در چربی ها و روغن های گیاهی و مواد غذایی حاوی روغن ها و چربیها اندازه گرفت (دوتا ۲۰۰۴ و آزادمرد دمیرچی و دوتا ۲۰۰۸).

فیتواسترول ها به مقدار کم در مواد غذایی وجود دارند. بنابراین محصولات اکسیداسیونی آنها نیز به مقداری کمتر در محصولات غذایی و روغنها وجود دارند. به علت مقدار کم این محصولات ، قبل از آنالیز کمی و کیفی با

[1]Phytosterols oxidation products

www.SID.ir

Archive of SID

کروماتوگـافی گـازی (GC) یـا کرومـاتوگرافی گـازی- اسـپکترومتری جرمـی (GC-MS) لازم اسـت بوسـیله روشهای مناسب این مواد را از مواد غذایی جداسـازی و غنی سازی کرد (دوتا ۲۰۰۴ ، آزادمـرد دمیرچـی و دوتـا ۲۰۰۸). کرومـاتوگرافی مـایع بـا کـارایی بـالا (HPLC)، کرومـاتوگرافی لایـه نـازک (TLC) و SPE بـرای ایـن منظور استفاده شـده اسـت (دوتـا ۲۰۰۴). روش HPLC زمان زیادی می گیرد و حلال زیادی نیز مصرف می کند (دوتا ۲۰۰۴ و آزادمرد دمیرچی و دوتـا ۲۰۰۶). بـا روش TLC نیز ممکن اسـت تغییـرات زیـادی در POPs اتفـاق بیافتد همچنـین خطاهـای احتمـالی زیـادی نیـز مـی‌توانـد بوجـود آیـد (اسـچمار و همکـاران ۱۹۹۶). روش SPE سریع بـوده و تمـاس محـصولات اکسیداسیونی بـا هـوا کمتـر اسـت و کـارایی آن در جداسـازی و غنـی سـازی فیتواسترول های اکسید نشده در روغن هـا و چربـی هـا ثابت شده است (آزادمرد دمیرچی و دوتا ۲۰۰۶).

فیتواسترول هـا در صـورت همـراه بـودن بـا POPs در هنگام کروماتوگرافی گازی می‌توانند مشکل ساز باشـند. ایـن ترکیبـات زمـان مانـدگاری[1] یکسانی بـا بـسیاری از POPs ها دارند و در اندازه گیری کمـی و کیفـی آنهـا بـا GC می توانند اخلال ایجـاد کننـد (دوتـا ۲۰۰۲). بنـابراین ضروری است که از روش های مناسبی استفاده شود تـا فاز POPs تا حدامکان عـاری از فیتواسـترول هـا گـردد. روش‌های SPE زیادی گزارش شده است (بورتولوزمی و همکـاران ۲۰۰۳، جانـسون و دوتـا ۲۰۰۶ و سـوپاس و همکـاران ۲۰۰۵) امـا در تمـام آنهـا مـشکل شـویش فیتواسترولها همراه با POPs وجود داشته است. در ایـن مطالعه روش جدیدی برای اولین بار گزارش می شود که دارای مزیت سادگی و نیاز به وقت کم می باشد، همچنین هیچگونه فیتواسترولی با POPs شویش نمی‌شود و قابل استفاده با اندازه نمونه بالا و با مقدار فیتواسـترول زیـاد می‌باشد.

مواد و روش ها

نمونه‌های روغن

نمونه های روغـن ذرت و زیتـون از بـازار تهیـه شـد. مغز فندق نیز از بازار تهیه و روغـن آن بـا اسـتفاده از روش آزادمرد دمیرچی و همکـاران (۲۰۰۵) اسـتخراج شد. به تیوب های استیلی حاوی ۱۰ گرم از مغـز هـای خـرد شـده فنـدق، ۳۰ میلـی لیتـر محلـول هگـزان/ ایزوپروپـانول (۳:۲,v/v) اضـافه شـد. ۴ عـدد گلولـه های استیلی نیز برای تسریع عمل هموژنیزاسـیون بـه داخل تیـوب انداختـه شـد. تیوبهـای اسـتیلی در درجـه حرارت اتاق برای یک سـاعت تحـت تکـان شـدید قـرار گرفتند. سپس محتوی تیوب با استفاده از قیف بـوخنر و کاغـذ صـافی واتمـن شـماره ۴ صـاف شـدند. تفالـه باقیمانـده دو بـار بـا ml ۲۰ از همـان محلـول شـسته شدند، سپس ml ۳۵ محلول سـولفات سـدیم ۶/۷ % بـه محلـول صـاف شـده اضـافه شـد تـا آب احتمـالی جداسازی شود. بـا اسـتفاده از قیـف جـدا کننـده لایـه حاوی حلال و روغـن جـدا شـده و در دسـتگاه تبخیـر گردان تحت فشار کـاهش یافتـه در $40^{o}C$ تبخیـر شـد. روغن های اسـتخراج شـده بـرای اسـتفاده در مراحـل بعدی آنالیز در $^{\circ}C$ ۲۰- نگه داری شدند.

ترانس استریفیکاسیون نمونه‌های روغن

ترانس استریفیکاسـیون نمونـه‌هـای روغـن قبـل از SPE طبـق روش اسـچمار وهمکـاران (۱۹۹۶) انجـام گرفـت. مقدار ۲۵۰ میلی گـرم روغـن در ۲/۵ میلـی لیتـر متـیلات سدیم (۱۰ درصد در متانول) رقیق شده با تـرت- بوتیـل متیل اتر (MTBE) (۴:۶ v/v) حل شد و به خوبی مخلوط گشت. مخلوط به مدت نیم ساعت در دمای اتاق نگهـداری شد بعد باز به خوبی بهم‌زده شد و برای بار دوم به مدت نـیم سـاعت نگهـداری گردیـد تـا واکـنش تـرانس استریفیکاسیون کامل شود. سـپس ۲ میلـی لیتـر آب و ۵ میلی لیتر کلروفرم به مخلوط اضافه شد و به خوبی بهم- زده شـد و در rpm ۲۰۰۰ بمـدت ۲ دقیقـه سـانتریفوژ

[1] Retention time

www.SID.ir

Archive of SID

گردید. سپس لایه آبی جدا و دور ریخته شد. برای خنثی سازی ۲ میلی لیتر اسید سیتریک (۱ درصد در آب) به فاز کلروفرمی باقیمانده اضافه شد و بعد از بهم‌زدن دوباره سانتریفوژ شد و فاز آبی جدا شد. فاز کلروفرم باقیمانده تحت جریان نیتروژن خشک شد و باقیمانده در ۱ میلی لیتر هگزان: دی اتیل اتر (۹:۱v/v) حل شد.

جداسازی و غنی سازی POPs بوسیله SPE

مقدار کمی سولفات سدیم روی SPE (۱ گرم سیلیکا) ریخته شد وسپس با ۵ میلی لیتر هگزان ستون شستشو داده شد. نمونه آماده سازی شده از مرحله ترانس استریفیکاسیون نیز بر ستون ریخته شد. ناخالصی ها و فیتواسترول های اکسید نشده به ترتیب با ۱۵ میلی لیتر و ۱۰ میلی لیتر هگزان :دی اتیل اتر با نسبت های ۱:۹ و۱:۱ حجمی/ حجمی شستشو و جدا سازی شد. در نهایت بخش POPs با ۱۰ میلی لیتر استون شویش و جمع آوری شد. مقدار ۲ میکروگرم ۵ آلفا – کلستن بعنوان استاندارد داخلی اضافه شد تا اندازه گیری کمی بر اساس آن انجام گیرد.

آزمایش بازیابی

آزمایش بازیابی محصولات اکسیداسیونی کلسترول (COPs)[1] برای ارزیابی روش SPE انجام گرفت. محصولات اکسیداسیونی کلسترول عبارت بودند از:

Cholest-5-en-3β-ol-7-one
Cholestane-3β,5α,6β-triol
5α,6α -Epoxycholestan-3β-ol
5β,6β-Epoxycholestan-3β-ol
Cholest-5-en-3β,7α-diol

هر یک از محصولات فوق به مقدار ۵ میکروگرم به روغن کلزا افزوده شدند. سپس روغن ترانس استریفیه شد و محصولات اکسیداسیونی با روش SPE توضیح داده شده در بالا جداسازی و COPs بازیابی گردیدند. مقدار۲ میکروگرم ۵ آلفا – کلستن بعنوان استاندارد داخلی اضافه شد تا اندازه گیری کمی بر اساس آن انجام گیرد.

ارزیابی روش SPE بوسیله TLC

کارایی روش SPE برای جداسازی و غنی سازی POPs از نمونه های روغن بوسیله TLC طبق روش دوتا و اپل کوست ارزیابی شد (۱۹۹۷).

آماده سازی مشتقات تری متیل سیلیل(TMS) اتر POPs و COPs

آماده‌سازی‌مشتقات TMS اتر قبل از آنالیز با GC و GC-MS طبق روش آزادمرد دمیرچی و همکاران انجام گرفت (۲۰۰۵).

آنالیز POPs بوسیله GC

آنالیزهای GC با دستگاه Vavian Star 3400 Cx انجام گرفت. در این دستگاه از آشکارگر یونش شعله ای و ستون DB5-MS (30 متر , ۱۸ میلی متر , ۱۸ میکرومتر) استفاده شد. دمای تزریق کننده و آشکارگر به ترتیب ۲۶۰ و ۳۱۰°C بود. شرایط دمای اون ۶۰°C بمدت۱ دقیقه سپس افزایش با سرعت ۵۰°C / min تا ۲۶۰°C و ماندن بمدت ۵ دقیقه در این دما و مجددا افزایش ۱ °C/min تا دمای نهایی ۲۸۰°C و ماندن بمدت ۱۰ دقیقه بود. هلیم نیز به عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت.

آنالیز POPs با GC-MS

برای شناسایی POPs, آنالیز GC-MS بوسیله گاز کروماتوگرافی Top 8000 GC همراه با اسپکترومترجرمی Voyager انجام شد. ستون و شرایط آنالیز همانند شرایط توضیح داده شده برای GC بود. اسپکترومتر جرمی کامل در نوع یونش الکترونی مثبت (EI^+) در انرژی الکترون ۷۰ ev و دمای منبع یون ۲۰۰ °C انجام گرفت. POPs بر اساس اسپکترومتری

[1]Cholesterol oxidation products

www.SID.ir

Archive of SID

جرمی گزارش شده در مقالات چاپ شده شناسایی شدند (آزادمرد دمیرچی و دوتا ۲۰۰۸ ، جانسون و دوتا ۲۰۰۳، و لامبلت و همکاران ۲۰۰۳).

نتایج و بحث

اولین مرحله در تعیین POPs ، ترانس استریفیکاسیون یا صابونی کردن سرد نمونه های روغن یا چربی می‌باشد. اسچمار و همکاران (۱۹۹۶) ترانس استریفیکاسیون را به جای صابونی کردن سرد قبل از جداسازی و غنی سازی محصولات اکسیداسیونی فیتو استرول ها معرفی کردند. ترانس استریفیکاسیون وقت کمی را می گیرد (۶۰ دقیقه) و انجام آن آسان بوده و هیچ گونه ترکیبی در طول واکنش تشکیل نمی‌شود (اسچمار و همکاران ۱۹۹۶).

در روش معرفی شده در این تحقیق، بعد از ترانس استریفیکاسیون، مواد استخراج شده از مرحله ترانس استریفیکاسیون در ۱ میلی لیتر مخلوط هگزان و دی اتیل اتر (۱:۹ v/v) حل گردید وبه ستون SPE که قبلاً با ۵ میلی لیتر هگزان شستشو داده شده بود، انتقال داده شد. با توجه به قطبیت محصولات غیر اکسیداسیونی و ناخالصی‌ها، مخلوط حلال‌های مختلف به ترتیب افزایش قطبیت برای جداسازی تمام ناخالصی ها از POPs بکار برده شد (شکل ۱). میزان زیاد مواد با قطبیت کم همچون متیل استرهای اسیدهای چرب (FAMEs) با ۱۵ میلی لیتر مخلوط هگزان : دی اتیل اتر (۱:۹ V/V) که دارای قطبیت کمتری است، شسته شد. سپس باقیمانده FAMEs و مواد ناخالصی با قطبیت بیشتر و فیتو استرول‌های اکسید نشده با ۱۰ میلی لیتر مخلوط هگزان : دی اتیل اتر (۱:۱ V/V) که دارای قطبیت بیشتری است، شسته شد. سر انجام POPs با ۱۰ میلی لیتر استون جداسازی گردید. با توجه به اینکه SPE سیلیکا حتی به وجود مقدار خیلی کم رطوبت در نمونه ها حساس می‌باشد. بنابراین ضروری بود که از فاز ترانس استریفیه شده آب بطور کامل خارج شود لذا مقداری سولفات سدیم برای جذب آب احتمالی موجود در نمونه و جداسازی آن به روی SPE اضافه گردد تا خللی در آزمایش بوجود نیاید. کارایی روش SPE با TLC نیز کنترل شد. برای این منظور فازهای بدست آمده از روش SPE یعنی فاز ناخالصیها و POPs بر روی TLC بار گذاری شده‌اند. بعد از انجام TLC مشخص گردید که روش SPE قادر به جداسازی POPs از ناخالصی‌ها است (شکل ۲).

روغن ترانس استریفیه حل شده در مخلوط 1 میلی لیتر هگزان : دی‌اتیل‌اتر (9:1 v/v)

↓

ستون SPE حاوی 1 g سیلیکای شسته شده با 5 میلی لیتر هگزان

↓

شستشو با مخلوط 15 میلی لیتر هگزان : دی‌اتیل‌اتر (9:1 v/v)

↓

شستشو با 10 میلی‌لیتر مخلوط هگزان : دی‌اتیل‌اتر (1:1 v/v)

↓

شستشو و جداسازی POPs با 10 میلی لیتر استون

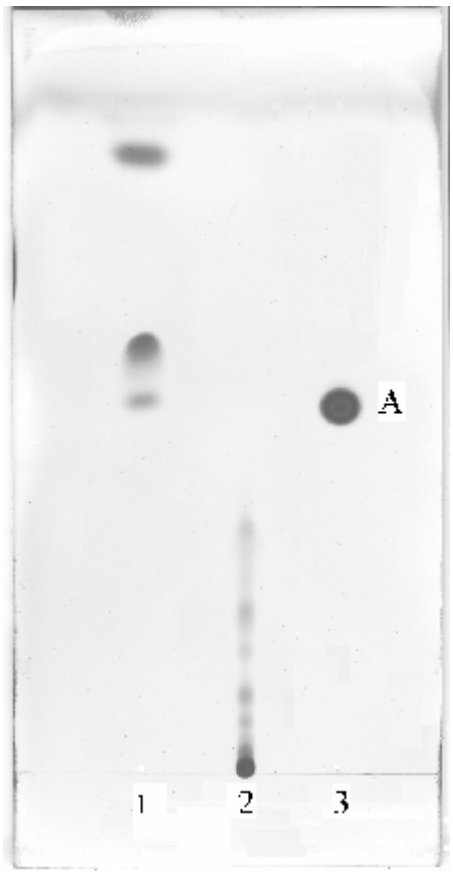
↓

آماده‌سازی و آنالیز نمونه با GC و GC-MS

شکل 1- مراحل مختلف روش SPE برای جداسازی و غنی سازی POPs

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2- TLC بدست آمده از بار گذاری بخش های جمع شده از مراحل مختلف SPE . A: استاندارد فیتواسترول ها، 1. بخش ناخالصی ها 2. بخش محصولات اکسیداسیونی فیتواسترول ها، 3. استاندارد فیتواسترول ها

جداسازی POPs با استفاده از دو ستون SPE (۵۰۰ میلی گرمی، سیلیکا) قبلاً گزارش شده است که در آن آماده سازی نمونه ها بجای ترانس استریفیکاسیون با صابونی کردن روغن ها انجام گرفته است (دوتا و اپل کوست ۱۹۹۷). اخیراً روشی توسط بورتولومیزی و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است که در آن با استفاده از SPE (۱ گرم، سیلیکا) توانستند POPs را از نمونه-های صابونی شده جداسازی کنند. اما در این روش نیز مقداری از فیتواسترول‌های اکسید نشده به همراه POPs جداسازی شده است. باید ذکر شود که در آن روش نا خالصی ها و فیتواسترول‌های اکسید نشده فقط با ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط هگزان : دی اتیل اتر(۱:۱) شستشو شده اند که ممکن است این مقدار برای شستشوی کامل فیتواسترول‌های اکسید نشده و ناخالصی ها کافی نبوده باشد. همچنین بورتولومیزی و همکاران (۲۰۰۳) SPE آمونیا و سیلیکا را با همدیگر مقایسه کرده اند و در یافتند که فرق معنی‌داری بین دو نوع SPE در بازیابیPOPs وجود ندارد.

آزمایش بازیابی COPs با روش ابداعی

برای سنجش بازیابی کل روش برای POPs ، روغن کلزا با COPs در مقدار ۵ میکروگرم تزریق گردید. سپس ترانس استریفیه انجام گرفته و بوسیله روش SPE معرفی شده COPs جداسازی شده و با GC آنالیز گردید. بدین علت از COPs استفاده شد چون POPs خالص در بازار وجود نداشت. همچنین انواع مختلف COPs مورد استفاده قرار گرفت تا ترکیبات با قطبیت زیاد و قطبیت بیشتر آزمایش شده باشد. محصولات اکسیداسیونی Keto -7 و مشتقات اپوکسی آنها کمتر از مشتقات دی هیدروکسی در ستون باقی می‌مانند. نتایج نشان داد که این روش بازیابی بالایی در حد ۹۸ – ۸۸ درصد دارد (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- درصد بازیابی محصولات اکسیداسیونی کلسترول تزریق شده به نمونه‌های روغن کلزا با روش SPE جدید

محصولات اکسیداسیونی کلسترول	زمان ماندگاری نسبی[1]	بازیابی (%)	
		سطح (5µg)	سطح (10 µg)
Cholest-5-en-3β,7α-diol	۱/۱۷	۹۰/۲[2]	۸۷/۵
5β,6β-Epoxycholestan-3β-ol	۱/٦۲	۹٤/۰	۹۵/۸
5α,6α -Epoxycholestan-3β-ol	۱/٦٦	۸۸/۳	۸۹/٦
Cholestane-3β,5α,6β-triol	۱/۷۰	۹۱/٤	۸۸/٤
Cholest-5-en-3β-ol-7-one	۲/۰۵	۹۳/٦	۹۳/۵

1. زمان ماندگاری نسبی نسبت به استاندارد داخلی (5α-cholestane). 2. تعیین شده در سه تکرار (%CV<5)

مقدار POPs در روغن های ذرت، فندق، و زیتون

روش جدید SPE معرفی شده در این تحقیق با روغن های مختلف آزمایش شده و POPs روغن های ذرت، فندق و زیتون با این روش خالص سازی و غنی سازی شد. با استفاده از GC-MS یازده POPs در روغن های آنالیزشده شناسایی شده اند (شکل ۳) که در بین آنها 6β-hydroxysitostanol بیشترین مقدار را داشت و بعد از آن به ترتیب 6β-hydroxycampestanol و Stigmastanetriol قرار داشتند. مقدار POPs در روغن ذرت در مقایسه با روغن های فندق وزیتون بالاتر بود (جدول ۲) که علت آن به مقدار بالای فیتواسترول ها در روغن ذرت مربوط می‌باشد. اخیراً 6β-hydroxylsitostanol و6β-hydroxycampestanol به مقدار زیادی در روغن کلزا گزارش شده است (لامبلت و همکاران ۲۰۰۳). همچنین الگوی شکست آنها در اسپکترومتری جرمی نیز گزاش شده است (آزادمرد دمیرچی و دوتا ۲۰۰۸). مقدار بدست آمده در این تحقیق با مقادیر گزارش شده مطابقت دارد (آزادمرد دمیرچی و دوتا ۲۰۰۸).

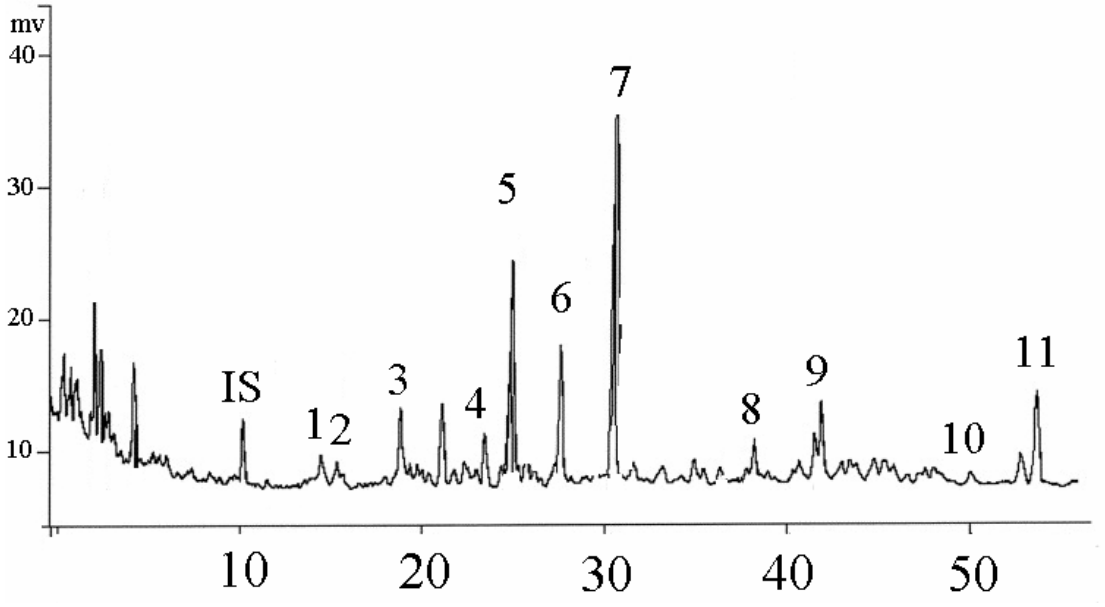
جدول2- مقدار محصولات اکسیداسیونی فیتواسترول‌ها (ppm) جداسازی و غنی‌سازی شده با روش SPE جدید در روغن‌های ذرت، فندق و زیتون [1]

محصولات اکسیداسیونی فیتو استرول ها	روغن ذرت	روغن فندق	روغن زیتون
7α-Hydroxycampesterol	0/3	0/4	0/3
7α-Hydroxystigmasterol	0/5	0/5	1/0
7α-Hydroxysitosterol	0/9	0/8	0/7
7β-Hydroxysitosterol	0/5	2/5	0/4
6β-hydroxycampestanol	5/2	3/0	4/1
24-hydroxysitosterol	2/5	1/0	2/0
6β-hdroxysitostanol	10/2	3/2	6/0
Stigmastanetriol	1/0	2/0	5/0
Sitostanetriol	0/6	1/2	1/0
7-Ketostigmasterol	0/3	0/9	0/3
7-Ketositosterol	2/0	1/1	1/5
مقدار کل	24/0	16/6	22/3

1. تعیین شده در سه تکرار (%CV<5)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل3- کروماتوگرام آنالیز محصولات اکسیداسیونی فیتو استرول ها بوسیله GC

Hydroxycampesterol; 2, 7α-Hydroxystigmasterol; 3, 7α-Hydroxysitosterol; 4, 7β-hydroxysitosterol; 5, 6β-hydroxycapestanol; 6, 6β-hdroxysitostanol; 7, 24-hydroxysitosterol; 8, Stigmastanetriol; 9, Sitostanetriol; 10, 7-Ketostigmasterol; 11, 7-Ketositosterol

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که روش معرفی شده در این تحقیق، ساده و دارای مراحل کوتاهتری است و همچنین حلال کمی نیاز دارد و برای خالص سازی POPs در روغن های مختلف قابل استفاده است. بنابراین در اندازه گیری POPs در روغن‌های استخراجی از مواد غذایی دارای روغن زیاد و فرآوری شده در دمای بالا که امکان وجود POPs زیاد است (دوتا ۲۰۰۲) کمک شایانی می‌کند. با توجه به اینکه POPs بر سلامتی اثر سوء دارد (دوتا ۲۰۰۴). بنابراین پیشنهاد می‌شود بعنوان فاکتور کنترل کیفی محصولات حاوی مقادیر زیاد روغن یا روغن های مورد استفاده در کارخانجات فرآوری مواد غذایی در نظر گرفته شود.

منابع مورد استفاده

Azadmard-Damirchi S, Savage GP and Dutta PC, 2005. Sterol fractions in hazelnut and virgin olive oils and 4,4´-dimethylsterols as possible markers for detection of adulteration of virgin olive oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 82: 717-725.

Azadmard Damirchi S and Dutta PC, 2006. Novel solid-phase extraction method to separate 4-desmethyl-, 4-monomethyl-, and 4,4´-dimethylsterols in vegetable oils. Journal of Chromatography A. 1108: 183-187.

Azadmard-Damirchi S and Dutta PC, 2006. Rapid separation of methylsterols from vegetable oils by solid-phase extraction. Lipid Technology. 18: 231-234.

www.SID.ir

Archive of SID

Azadmard-Damirchi S and Dutta PC, 2007. Free and esterified 4,4´-dimethylsterols in hazelnut oil and their retention during refining processes. Journal of the American Oil Chemists' Society. 84, 297-304.

Azadmard-Damirchi S and Dutta PC, 2008. Stability of minor lipid components with emphasis on phytosterols during chemical interesterification of a blend of refined olive oil and palm stearin. Journal of the American Oil Chemists' Society. 85, 13-21.

Bortolomeazzi R, Cordaro F, Pizzale L and Conte LS, 2003. Presence of phytosterol oxides in crude vegetable oils and their fate during refining. J. Agric. Food Chem. 51:2394–2401

Dutta PC, 2002. Determination of phytosterol oxidation products in foods and biological samples. Pp 335–374. In: Guardiola F, Dutta PC, Codony R, Savage GP (eds) Cholesterol and phytosterol oxidation products: analysis, occurrence, and biological effects. AOCS, Champaign.

Dutta PC, 2004. Chemistry, analysis, and occurrence of phytosterol oxidation products in foods. Pp 397–418. In: Dutta PC (ed) Phytosterols as functional food components and nutraceuticals. Marcel Dekker, Inc., New York.

Dutta PC and Appelqvist LA, 1997. Studies on phytosterols oxides. I: effect of storage on the content in potato chips prepared in different vegetable oils. J Am Oil Chem Soc 74:647–657.

Johnsson L and Dutta PC, 2003. Characterization of side-chain oxidation products of sitosterol and campesterol by chromatographic and spectroscopic methods. J. Am. Oil Chem. Soc. 80:767–776

Johnsson L and Dutta PC, 2006. Determination of phytosterol oxides in some food products by using an optimized transesterification method. Food Chem 97:606–613.

Lambelet P, Grandgirard A, Gregoire S, Juaneda P, Sebedio JL and Bertoli C, 2003. Formation of modified fatty acids and oxyphytosterols during refining of low erucic acid rapeseed oil. J. Agric. Food Chem. 51:4284–4290.

Moreau RA, 2004. Plant sterols in functional foods. Pp. 317–346. In: Dutta PC (ed) Phytosterols as functional food components and nutraceuticals. Marcel Dekker, Inc., New York.

Schmarr HG, Gross HB and Shibamoto T, 1996. Analysis of polar cholesterol oxidation products: evaluation of a new method involving transesterification, solid phase extraction and gas chromatography. J. Agric. Food Chem. 44:512–517.

Soupas L, Huikko L, Lampi AM and Piironen V, 2005. Esterification affects phytosterol oxidation. Eur J Lipid Sci Technol 107:107–118.

Tabee E, Azadmard-Damirchi S, Jagerstada M and Dutta PC, 2008. Lipids and phytosterol oxidation in commercial French fries commonly consumed in Sweden. Journal of Food Composition and Analysis, 21, 169-177.

www.SID.ir