Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
جلد چهاردهم، شماره اول، فروردین ـ اردیبهشت ۱۳۸۶
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

بررسی توزیع مکانی سه اسیدچرب عمده موجود در روغن هفت واریته مهم پسته (*Pistachio vera* L., Anacardiaceae) بر مبنای تئوری ۱ و۳– تصادفی، ۲–تصادفی

*نرجس محمدی[۱]، محمد صفری[۲]، حسن فاطمی[۳] و منوچهر حامدی[۲]

[۱]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات و کارشناس آزمایشگاه مرکزی پردیس اوبریحان، دانشگاه تهران، [۲]اعضاء هیات علمی بخش گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تهران، [۳]عضو هیات علمی گروه مهندسی شیمی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۳/۸/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۶/۱

چکیده

مهمترین واریته‌های صادراتی پسته ایران، شامل: اوحدی، اکبری، کله‌قوچی، فندقی۴۸، فندقی‌ریز، احمدآقایی و بادامی‌زرند از مرکز تحقیقات پسته رفسنجان تهیه گردید. بعد از استخراج روغن به کمک حلال آلی و خالص‌سازی آن بوسیله ستون آلومینا، ترکیب کیفی و کمی اسیدهای چرب روغن توسط دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) اندازه‌گیری گردید. گونه‌های مولکولی ساختارهای مختلف تری‌اسیل‌گلیسرول‌های موجود در روغن پسته با استفاده از تئوری توزیع ۱و۳- تصادفی، ۲- تصادفی تعیین گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که اسیدهای چرب غیراشباع در روغن پسته غالب می‌باشند. اسید چرب غالب اسید اولئیک(O) (۷۷/۶-۵۳ درصد) و سایر اسیدهای چرب موجود، اسید لینولئیک(L) (۳۸/۶-۱۵/۲درصد) و اسید پالمیتیک (P) (۸/۶-۷/۱ درصد) می‌باشند. بررسی آرایش اسیدهای چرب در ساختار اسیل‌گلیسرول‌ها نشان داد که آرایش‌های OOO (۳۲/۳-۲۱ درصد) و OOL, LOO (۲۶/۹-۲۱/۴ درصد) فراوان‌ترین ساختارهای مولکولی در روغن پسته می‌باشند. در حالیکه در میان این آرایش‌ها ساختارهایی نظیر POP, PLL, LLP, PLP کمترین درصد را در مقایسه با تری‌اسیل-گلیسرول‌های کل موجود در روغن پسته ایران به خود اختصاص می دهند.

واژه‌های کلیدی: تری‌اسیل‌گلیسرول(TAG)، توزیع اسید چرب، روغن پسته

مقدمه

اغلب برای توصیف ارزش تجاری محصولات کشاورزی از ساختار مولکولی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی استفاده می‌شود (کارلوس و همکاران، ۱۹۹۶). دانه‌های روغنی، بدلیل داشتن میزان متفاوتی از انواع اسیدهای چرب، ارزش تجاری متفاوتی پیدا می-کنند. در این راستا، دانه‌های روغنی مورد استفاده بویژه در صنایع غذایی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (گویندا، ۲۰۰۳؛ اوکای، ۲۰۰۲). با توجه به غالب بودن اسیدهای چرب غیراشباع در دانه‌های مختلف روغنی و ارزش

* – مسئول مکاتبه: narjes_mohamadi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

بالای تغذیه‌ای آنها، محققین واریته‌های مشخصی از پسته با خاستگاه‌های مختلف جغرافیایی به‌عنوان مثال ایران، ترکیه و ایتالیا را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند (هولکاپک و همکاران، ۲۰۰۳، اوکای، ۲۰۰۲، کومبه، ۲۰۰۲، اسلان و همکاران، ۲۰۰۲، آگار، ۱۹۹۸، آگار و همکاران، ۱۹۹۵، ایکدا، ۱۹۹۱؛ دانشراد، ۱۹۷۸).

اهمیت تعیین اسیدهای چرب با اهمیت شناسایی آرایش تری‌اسیل‌گلیسرول‌های مختلف موجود در روغن دانه‌های روغنی ارتباط پیدا می‌کند. نحوه توزیع اسیدهای چرب (بخصوص در موقعیت دوم مولکول تری‌اسیل‌گلیسرول‌ها) روی ویژگی‌های مختلف فیزیکی و تغذیه‌ای روغن بسیار موثر است. ساختار تری‌اسیل-گلیسرول‌ها بخصوص اسیدهای چرب موجود در موقعیت دوم مشخصا از نقطه‌نظر فیزیکی روی ویژگی‌هایی مثل نقطه ذوب و اکسیداسیون روغن‌ها و چربی‌ها موثر می-باشد. در صورت غالب بودن ساختارهایی مثل SUS[1] در روغن و چربی، نقطه ذوب کاهش یافته و اکسیداسیون به تعویق خواهد افتاد (فاطمی، ۱۳۷۸). از نظر تغذیه‌ای اثرات سودمند مغزهای روغنی ناشی از الگوی اسیدهای چرب و نحوه آرایش ساختارهای تری‌اسیل‌گلیسرولی موثر روی ساختمان چربی پلاسما، ترکیب، اندازه کیلومیکرون‌ها و متابولیسم استرهای کلسترولی است و در نتیجه جهت جلوگیری از بیماری‌های قلبی اثر مثبت دارند (برهمه، ۲۰۰۲، روجری و همکاران، ۱۹۸۸، کارلوس و همکاران، ۱۹۹۶، پارسریسا و همکاران، ۱۹۹۵؛ هولند و همکاران، ۱۹۹۲).

به‌طورکلی مغزهای خوراکی دارای اسیدهای چرب پالمیتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک می-باشند و معمولا موقعیت دوم آنها با اسیدهای چرب غیراشباع استریفیه شده است. این ویژگی در مورد روغن پسته نیز مشاهده شده است (کومبه، ۲۰۰۲؛ دانشراد، ۱۹۷۸).

هر چند تا کنون مطالعاتی روی درصد اسیدهای چرب روغن پسته ایران (کمانگر و فارسان، ۱۹۷۷) و شناسایی نوع اسیدهای چرب در سه موقعیت متفاوت اسیل-گلیسرول‌های روغن پسته ایران، بویژه موقعیت شماره ۲، انجام گرفته است (دانشراد، ۱۹۷۸) ولی تحقیقات انجام شده روی تعداد محدودی از واریته‌های پسته ایران می-باشد. از طرف دیگر پژوهش حاضر با هدف شناساندن و معرفی ویژگی‌های ساختاری روغن به بخش اعظم واریته-های پسته صادراتی ایران، موجود در مرکز تحقیقات پسته رفسنجان، پرداخته و آنها را مورد مقایسه قرار داده است. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به بهبود صادرات این محصول استراتژیک، معرفی خصوصیات و ویژگی‌های پسته ایران کمک کند.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه و معرف‌ها: هگزان، دی‌اتیل‌اتر (درصد خلوص>۹۹، عاری از پراکسید و مناسب برای آزمایش‌های دقیق تجزیه‌ای و طیف سنجی)، اکسید آلومینیوم (مخصوص کروماتوگرافی ستونی، خنثی و Brockmann I) و اسیدهای چرب استاندارد (مشتقات متیله اسید اولئیک، لینولئیک و پالمیتیک) (شرکت مرک، دارمستات[2]، آلمان) و آنزیم لیپاز (Type II, Crude, from Porcine Pancrease) جهت هیدرولیز انتخابی روغن (شرکت سیگما، سنت لوئیس[3]، آمریکا) تهیه شدند. هفت واریته پسته ایرانی (اوحدی، اکبری، کله‌قوچی، فندقی۴۸، فندقی‌ریز، احمدآقایی و بادامی‌زرند)، نیز از مرکز تحقیقات پسته رفسنجان تامین گردید.

آماده‌سازی نمونه‌ها و استخراج روغن: مغز پسته بعد از پوست‌گیری، آسیاب گردید. پودر پسته با استفاده از روش سوکسله (دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و حلال دی‌اتیل‌اتر خشک) روغن‌گیری شد. حلال موجود در روغن استخراج شده با استفاده از آون تحت خلاء (تاون‌سون و هرسر،

1- S=Saturated fatty acid, U=Unsaturated fatty acid.

2- Darmstat
3- Saint Louis

www.SID.ir

Archive of SID

آمریکا) در دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد جداسازی شد (همیلتون و راسل، ۱۹۷۸).

اندازه‌گیری اسیدیته روغن: اندازه‌گیری اسیدیته روغن توسط AOCS, Cd 3d-63 انجام گرفت. ده گرم روغن استخراج شده با ۱۲۵ میلی‌لیتر حلال (به نسبت حجمی مساوی ایزوپروپیل الکل و تولوئن) مخلوط گردید و توسط حجم معینی از قلیا تیتراسیون طوری انجام گرفت که ΔpH محلول کم‌کم افزایش یابد. داده‌های حاصل از آزمایش جهت ترسیم گراف و محاسبه اسیدیته ثبت گردید. با توجه به اینکه میزان اسیدیته کمتر از ۰/۰۳ درصد بود، روغن استخراجی بدون خنثی‌سازی مستقیما خالص‌سازی شد.

خالص‌سازی روغن: روغن استخراج شده با عبور از ستون آلومینا (قطر داخلی ۱۳ میلی‌متر، طول ۲۵ سانتی‌متر، فاز ثابت اکسید آلومینیوم و فاز متحرک هگزان) خالص-سازی شد. نمونه روغن بعد از حل شدن در میزان مناسبی از هگزان به بالای ستون منتقل شد. ارتفاع هگزان در سطح بالایی ستون ثابت نگه داشته شد. جریان خروجی از ستون بطور کامل جمع آوری شده و باقیمانده هگزان توسط روتاری (تحت خلا و دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد) جداسازی شد. از جریان ملایم گاز ازت جهت خروج کامل باقیمانده هگزان استفاده شد. سپس، روغن خالص‌سازی شده، درون ظروف کوچکی تحت ازت و دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (AOCS, Ch 3-91).

هیدرولیز روغن توسط آنزیم لیپاز (EC3.1.1.3): جهت هیدرولیز آنزیمی روغن پسته از روش AOCS, Ch 3-91 استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم روغن خالص‌سازی شده پسته و ۲۰ میلی‌گرم آنزیم لیپاز لوزالمعده به ۲ میلی‌لیتر محلول بافری (تریس با pH = ۷/٦) اضافه گردید و توسط همزن یکنواخت گردید. به مخلوط فوق نیز ۰/۵ میلی‌لیتر محلول کلات سدیم (محلول آبی یک گرم در لیتر) و ۰/۲ میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم (محلول آبی ۲۲۰ گرم در لیتر) افزوده شد و سپس به ملایمت اختلاط انجام گرفت. محلول حاصل به مدت یک دقیقه درون حمام آبگرم (٤٠ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد و بدنبال آن به مدت ۲ دقیقه توسط همزن، همزده شد. یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک (٦ نرمال) و یک میلی‌لیتر دی اتیل اتر به محلول اضافه شد و دوباره مخلوط توسط همزن یکنواخت گردید. محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ (۱۵۰۰ دور در دقیقه) گردید. لایه رویی جهت استخراج مونواسیل‌گلیسرول با استفاده از میکروسرنگ جمع‌آوری شده و تحت ازت و دمای ۲۰- درجه سانتی-گراد تا انجام مراحل بعدی آزمایش، نگهداری گردید.

جداسازی ۲- مونواسیل‌گلیسرول‌ها با استفاده از طیف‌سنجی روی لایه نازک:[1] - جداسازی ۲- مونواسیل‌گلیسرول‌ها از سایر ترکیبات چربی به کمک روش صفری و همکاران (۱۹۹٤) انجام گرفت. جداسازی مونو از دی و تری‌اسیل‌گلیسرول-ها با استفاده از روش طیف‌سنجی روی لایه نازک انجام شد. فاز ساکن سیلیکاژل G با ضخامت ۲ میلی‌متر به صورت دستی روی صفحات شیشه‌ای (صفحات ۱۰ ×۲۰ سانتیمتر)، کشیده شد. از فاز متحرک ان-هگزان/ دی‌اتیل‌اتر/ اسید فرمیک (۱/۳۰/۷۰ (V/V/V)) برای انجام طیف‌سنجی روی لایه نازک استفاده شد. آشکارسازی باندها با پاشیدن اسید سولفوریک بر روی یکی از صفحات انجام گرفت و از آن صفحه به‌عنوان صفحه راهنما جهت جداسازی باند۲- مونواسیل‌گلیسرول‌ها با Rf برابر با ۰/۰۳۵ توسط حلال دی‌اتیل‌اتر از روی صفحه استفاده شد.

تجزیه اسیدهای چرب: استرهای متیلی اسیدچرب، قبل از آنالیز توسط گاز کروماتوگراف[2]، با استفاده از روش بدینگ و دیجونگ (۱۹۸۳) تهیه گردید. به ازای هر ۱۰۰ میلی‌گرم چربی از ٦ میلی‌لیتر هگزان و ۰/۰٦ میلی‌لیتر متوکسید سدیم (محلول ۲ مولار در متانول) استفاده شد. مخلوط حاصل در دمای اتاق و بمدت یک دقیقه بشدت همزده شد و سپس سانتریفوژ (۱۵۰۰ دور در دقیقه)

1- Thin Layer Chromatography (TLC)
2- Gas Chromatograph = GC

www.SID.ir

Archive of SID

گردید. لایه رویی توسط یک میکروسرنگ تمیز جداسازی و توسط صافی (میکروپور، ۰/۲۲ میکرومتر) داخل میکروتیوپ صاف و تا زمان تزریق به دستگاه GC نگهداری شد.

در اندازه‌گیری کیفی و کمی اسیدهای چرب متیله از دستگاه GC (شیمادزو A-14، کیوتو، ژاپن) مجهز به ستون مویین (CBP-20، جنس پلی‌اتیلن‌گلیکول، طول ۲۵ متر، قطر داخلی ۰/۲۲ میلی‌متر و قطر خارجی ۰/۳۳ میلی‌متر)، آشکارگر FID و گاز حامل نیتروژن با فشار ۱/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع استفاده شد. تزریق استرهای متیلی ماده استاندارد و نمونه بر اساس روش نرمالیزاسیون[1] و استاندارد خارجی[2] انجام گرفت. برنامه دمایی مورد استفاده به این شرح بود: نگهداری دما به‌مدت یک دقیقه در دمای ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد، بالا بردن دما با سرعت ۱۷ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا دمای ۲۱۰درجه سانتی‌گراد، حفظ این دما بمدت دو دقیقه، بالا بردن دما با سرعت ۲درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا دمای ۲۲۰درجه سانتی‌گراد، حفظ این دما بمدت دو دقیقه. لازم به ذکر است در طول دوره آزمایش دمای محل تزریق ۲۳۰درجه‌گراد و آشکارگر ۲٤۰درجه‌سانتی‌گراد بود.

آنالیز داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آنالیز به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کامل تصادفی و در سه تکرار توسط نرم افزار SPSS 10.0.1 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیب اسیدهای چرب روغن پسته: نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های کیفی و کمی اسیدهای چرب در روغن پسته ایران نشان داد که سه اسید چرب عمده در ساختمان تری‌اسیل‌گلیسرول‌های آنها وجود دارد. ضریبی مربوط به هر یک از اسیدهای چرب از نسبت غلظت هر اسید چرب استاندارد به سطح زیر منحنی آن محاسبه گردید. بدین ترتیب با توجه به ضریب عددی هر یک از اسیدهای چرب، مول درصد سه اسید چرب عمده موجود در هفت واریته مورد مطالعه، محاسبه شد (جدول ۱).

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۱ اسید چرب چندغیراشباعی غالب موجود در روغن پسته اسیدلینولئیک می‌باشد که مقدار آن از ۱۵/۲ درصد (واریته بادامی‌زرند) تا ۳۸/٦ درصد (واریته فندقی‌ریز) متغیر است. ایکدا و برهمه نشان داده‌اند که اسید لینولئیک از نظر تغذیه‌ای دارای اهمیت می باشد. بنابراین، دو واریته اوحدی و فندقی‌ریز از نظر این اسید چرب در مقایسه با سایر واریته‌ها غنی تر بوده و با سایرین اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) دارند.

ساتیل و همکاران(۲۰۰۳)، یلدیز و همکاران و اوکای(۲۰۰۲) نتیجه‌گیری کردند که اسید اولئیک اسید چرب غالب در تمام واریته‌های پسته است. این یافته‌ها با مطالعه انجام شده در حال حاضر هم‌خوانی دارد و میزان آن بین ۵۳درصد (واریته فندقی) تا ۷۷/٦درصد (واریته بادامی‌زرند) متغیر است.

جدول ۱- ترکیب سه اسید چرب عمده موجود در هفت واریته پسته ایران (مول درصد).

واریته های مختلف پسته	اسید پالمیتیک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اشباع
اوحدی	۷/۲ c	۵۹/۸c	۳۲/۹ b	۱۳/۲
اکبری	۷/۱ a	٦٦/۸ a	۲٦/۰ a	۱۳/۰
فندقی ٤۸	۸/٦ bc	٦۸/۸ bc	۲۲/۵ ab	۱۰/٦
احمد آقایی	۸/۲ ab	٦٤/٤ab	۲۷/۲ a	۱۱/۱۷
کله قوچی	۷/۸ abc	٦۲/۷ abc	۲۹/۳ ab	۱۱/٦٦
فندقی ریز	۸/۳ c	۵۳ Abc	۳۸/٦b	۱۱/۰
بادامی زرند	۷/۱ abc	۷۷/٦ c	۱۵/۲a	۱۳/۰

حروف یکسان بیانگر این است که اختلاف معنی دار با ۹۵ درصد اطمینان وجود دارد.

1- Area Normalization Method
2- External Standard

www.SID.ir

Archive of SID

اسید چرب مهم دیگری که مقدار آن از همه کمتر است، اسید پالمیتیک می‌باشد. سایر تحقیقات انجام گرفته نیز نشان می‌دهد که مهمترین اسید چرب اشباع پسته، اسید پالمیتیک است. البته اسید استئاریک نیز بعنوان یک اسید چرب اشباع در روغن پسته اندازه‌گیری شده که در اینجا بدلیل ناچیز بودن مقدار آن مورد اندازه‌گیری و محاسبه قرار نگرفته است. نتایج مشابهی در زمینه ترکیب اسیدهای چرب در پسته گزارش شده است (اسلان و همکاران، ۲۰۰۲؛ اوکای، ۲۰۰۲؛ آگار، ۱۹۹۸؛ یلدیز و همکاران، ۱۹۹۸؛ گارسیا و همکاران، ۱۹۹۲؛ دانشراد، ۱۹۷۸ و آیفر، ۱۹۷۳).

میزان اسید اولئیک همزمان رابطه عکسی با مقدار اسید لینولئیک دارد. بطوری‌که با کاهش هر یک از ایندو اسید چرب مقدار دیگری افزایش پیدا می کند و مجموع مقادیر این دو اسید چرب همیشه ثابت باقی می ماند. در تجزیه اسیدهای چرب پسته مناطق مختلف ترکیه نیز نتایج مشابهی بدست آمده است (کوکوکونر و یورت، ۲۰۰۳؛ آگار و همکاران، ۱۹۹۵). تحقیق حاضر نشان داد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در میزان اسید اولئیک و لینولئیک واریته‌های مختلف وجود دارد. گارسیا و همکاران به نتایج یکسانی دست یافتند. تحقیق موجود با یافته‌های دانشراد و کمانگر و فارسان در مورد دانه‌های پسته ایرانی شباهت دارد. اسلان و همکارانش در سال ۲۰۰۲ نشان دادند که دانه پسته کشت شده در ایران دارای ارزش تغذیه‌ای بالاتری نسبت به نمونه مورد مطالعه ترکیه بود. ایشان خاطر نشان کردند که این اختلاف می‌تواند مربوط به شرایط محیطی و انبارداری باشد، البته در این زمینه فاکتورهای ژنتیکی و فرآوری نیز موثر می‌باشد.

۲- توزیع اسیدهای چرب در سه موقعیت تری‌اسیل-گلیسرول‌های پسته: تعدادی از محققین (کولمن، کولمن و فولتون، تسودا و واندروال) بین سال‌های ۶۳-۱۹۶۱ معادلات متعددی بر اساس الگوی توزیع ۱ و۳- تصادفی، ۲- تصادفی ارائه کردند. از این معادلات علیرغم داشتن تفاوت، نتایج یکسانی بدست آمد. درصد گروههای بخصوص در میان تمام گروه‌ها در موقعیت دوم توسط جایگذاری در معادله (۱) بدست می‌آید. با هیدرولیز آنزیمی روغن پالایش شده پسته، درصد اسیدهای چرب موجود در موقعیت دوم در تری‌اسیل‌گلیسرول‌ها توسط دستگاه GC اندازه‌گیری گردید. با جایگذاری در معادله (۲) می‌توان درصد تری‌اسیل‌گلیسرول‌های موجود در موقعیت ۱ و۳ را محاسبه کرد. نظیر سایر پژوهش‌هایی که در گذشته انجام شده، موقعیت‌های ۱ و ۳ علیرغم تفاوت‌های موجود از نظر تقارن و خصوصیات بیولوژیکی مختلف، یکسان در نظر گرفته شد (لازم به ذکر است که گروه‌های اسیلی با جرم بیشتر وارد موقعیت اول می‌شوند) (پائلوتی، ۱۹۶٤).

معادله ۱: $Sn\text{-}2 = 3.(Sn\text{-}1,2,3) - 2.(Sn\text{-}1,3)$

معادله ۲: $Sn\text{-}1,3 = [3 .(Sn\text{-}1,2,3) - (Sn\text{-}2)\ ] / 2$

Sn-2: درصد اسیدهای چرب موجود در ۲-مونواسیل-گلیسرول‌ها

Sn-1,2,3: درصد اسیدهای چرب موجود در هر سه موقعیت اسیل‌گلیسرول‌ها

جدول۲- آنالیز توزیع موقعیتی سه اسید چرب عمده موجود در سه واریته مهم منطقه رفسنجان با استفاده از تئوری۱و۳- تصادفی،۲- تصادفی.

اسیدچرب	فندقی٤٨			اکبری			اوحدی		
	Sn-1,2,3%	*Sn-1,3 %*	*Sn-2 %*	*Sn-1,2,3%*	*Sn-1,3 %*	*Sn-2 %*	*Sn-1,2,3%*	*Sn-1,3 %*	*Sn-2 %*
اسید پالمیتیک	۸/٦	۱۲/۹	۰/۰	۷/۱	۱۰/۷	۰/۰	۷/۰	۱۰/۸	۰/۰
اسید اولئیک	٦۸/۸	٦٥/۳	۷٥/۸	٦٦/۸	٦۱/۱	۷۸/۲	٥۹/۸	٥٤/۸	٦۹/۹
اسید لینولئیک	۲۲/٥	۲۱/٦	۲٤/۱	۲٦/۰	۲۸/۱	۲۱/۷	۳۲/۹	۳٤/۳	۳۰/۰

www.SID.ir

Archive of SID

Sn-1,3: درصد اسیدهای چرب موجود در ۱و۳-دی-اسیل‌گلیسرول‌ها (ایندو موقعیت یکسان در نظر گرفته می شوند.)

در بسیاری از روغن‌های گیاهی ۱۰۰-۹۵ درصد اسیدهای چرب موجود در موقعیت دوم از نوع اسیدهای چرب ۱۸ کربنه غیراشباع (اولئیک، لینولئک و لینولنیک) می‌باشند حتی اگر مقدار کل غلظت آنها در روغن در حدود ۳۸-۳۷ درصد باشد (هیچکوک، ۱۹۷۱). اسیدهای چرب اشباع نیز دارای ویژه‌گزینی خاصی برای تجمع درموقعیت‌های اولیه مولکول تری‌اسیل‌گلیسرول می‌باشند (واریته‌های اوحدی و اکبری) (جدول ۲).

گونه‌های مولکولی تری‌اسیل‌گلیسرول روغن پسته: محاسبه آرایش‌های مختلف اسیل‌گلیسرولی با جایگذاری در معادله ۳-٦ بدست می‌آید. کاربرد این دستورالعمل از طریق محاسبه آرایش‌های مختلف اسیل‌گلیسرولی در روغن ذرت با فرض صحت تئوری فوق انجام گرفت.

الف- درصورت حضور تنها یک نوع اسید چرب (A) در ساختمان تری‌اسیل‌گلیسرول (معادله ۳)،

ب- درصورت حضور دو نوع اسید چرب (A, B) در ساختمان تری‌اسیل‌گلیسرول (معادله ٤ و ٥)،

ج- درصورت حضور سه نوع اسید چرب مختلف (A, B, C) در ساختمان تری‌اسیل‌گلیسرول (معادله ٦).

معادله ۳: $AAA\% = (A1\% \cdot A2\% \cdot A3\%) / 10{,}000$

معادله ٤: $ABA\% = (A1\% \cdot B2\% \cdot A3\%) / 10{,}000$

معادله ٥: $AAB\% = (A1\% \cdot A2\% \cdot B3\%) \cdot (2) / 10{,}000$

معادله ٦: $ABC\% = (A1\% \cdot B2\% \cdot C3\%) \cdot (2) / 10{,}000$

پائلوتی در کتاب خود ذکر می‌کند که یانگ مقادیر تجربی و محاسبه شده بر اساس تئوری ۱ و۳- تصادفی، ۲- تصادفی شامل اشکال ایزومری را با هم مقایسه نمود و اظهار می‌کند که همدیگر را تایید می‌کنند. از طرف دیگر، در همین کتاب اشاره شده که واندروال نیز ارتباط مطلوبی میان مقادیر محاسبه شده و تجربی در منابع مختلف پیدا کرده است. محاسبه ترکیبات مولکولی بصورت S و U بر اساس تئوری ۱ و۳-تصادفی،۲-تصادفی نتایج صحیحی را ارائه می‌دهد، اگرچه از نظر یکسان در نظر گرفتن موقعیت‌های ۱ و۳ تا حدودی بیان نامناسبی دارد (جدول ۳). در هر حال تئوری ۱و۳- تصادفی، ۲- تصادفی اساس موفقی برای تعیین ترکیب مولکولی بصورت S و U در مورد چربی‌های طبیعی دارای اسیدهای چرب غالب ١٦ تا ۱۸ کربنه، می‌باشد (پائلوتی، ١٩٦٤).

اسید اولئیک در تری‌اسیل‌گلیسرول‌های غیراشباع در موقعیت دوم ساختار اسیل‌گلیسرولی قرار گرفته و با افزایش درجه غیراشباعی به‌دلیل حضور اسیدهای لینولنیک و لینولئیک، بیشتر تمایل پیدا می‌کند که در موقعیت‌های خارجی قرار گیرد. اسیدهای لینولنیک و لینولئیک معمولا در موقعیت‌های میانی استریفیه می‌شوند. اسیدهای اولئیک، لینولنیک و لینولئیک بطور مساوی با هم برای اشغال موقعیت دوم رقابت نمی‌کنند. نتایج (جدول-های ۳ و ٤) نشان می‌دهد که اسید لینولئیک نسبت به دو اسید یاد شده کمی بیشتر تمایل دارد که در موقعیت دوم قرار گیرد. این تصدیق عمومی بر اساس نتایج حاصل از بررسی بسیاری از گونه‌های گیاهی بدست آمده است (جدول ٤).

(دانشراد، ۱۹۷۸). در روغن پسته نمونه‌های مورد بررسی ۱۸ نوع گونه مولکولی متفاوت محاسبه شد (جدول ٤). سه ساختار عمده بترتیب فراوانی عبارتند از: تری‌اولئویل‌گلیسرول (OOO)، ۱- لینولئویل-۲ و ۳- اولئویل گلیسرول (LOO) و ۱ و ۲- اولئویل-۳- لینولئویل گلیسرول (OOL). برخی از ساختارها نظیر LOL (۱۰/۳- ۸/۱ درصد) OLO (۸/۲-۳/۵ درصد) قابلیت جذب بیشتری در بدن انسان دارند (ایکدا، ۱۹۹۱). به‌همین دلیل در مقایسه با سایر انواع تری‌اسیل-گلیسرول‌ها دارای ارزش تغذیه‌ای بالاتری می‌باشد، که در این میان واریته‌های اوحدی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- فراوانی خانواده‌های مولکولی در روغن پسته سه واریته مهم منطقه رفسنجان با استفاده از تئوری ۱و۳-تصادفی،۲-تصادفی.

واریته های پسته		ترکیب موقعیتی اسیدهای چرب (مول درصد)			ترکیب موقعیتی آرایش خانواده های مولکولی (مول درصد)			
		Sn-1	Sn-2	Sn-3	UUU	UUS	SUS	SSS,SSU,USU
اوحدی	S	۱۰/۸	۰	۱۰/۸	۷۹/۳	۱۹/۲	۱/۲	۰
	U	۸۹/۱	۹۹/۹	۸۹/۱				
	S	۵/٤	۰	۵/٤	۷۹/۰	۱۰/۲	۰/۳	۰
	U	۹٤/۵	۹۹/۹	۸۳/۷				
اکبری	S	۱۰/۷	۰	۱۰/۷	۷۹/۵	۱۹/۱	۱/۱	۰
	U	۸۹/۲	۹۹/۹	۸۹/۲				
	S	۵/۳	۰	۵/۳	۷۹/۲	۱۰/۱	۰/۳	۰
	U	۹٤/۵	۹۹/۹	۸۳/۸				
فندقی ٤۸	S	۱۲/۹	۰	۱۲/۹	۷۵/٤	۲۲/٤	۱/۷	۰
	U	۸٦/۹	۹۹/۹	۸٦/۹				
	S	٦/٤	۰	٦/٤	۷۵/۰	۱۲/۰	۰/٤	۰
	U	۹۳/۳	۹۹/۹	۸۰/٤				

S: اسیدهای چرب اشباع و U: اسیدهای چرب غیراشباع.

جدول٤- فراوانی گونه‌های مولکولی در روغن پسته سه واریته مهم منطقه رفسنجان با استفاده از تئوری ۱و۳-تصادفی،۲-تصادفی.

گونه های مولکولی*	اوحدی	اکبری	فندقی ٤۸
OOO	۲۱/۰۳۲	۲۹/۲۲۲	۳۲/۳۷۸
LLL	۳/۵٤۷	۱/۷۲۸	۱/۱۳۷
LOL	۸/۲۵٤	٦/۲۰۰	۳/۵٦٤
OLO	۹/۰۳۸	۸/۱٤۳	۱۰/۳۳۰
POP	۰/۸۱۸	۰/۸۹۸	۱/۲۷۵
PLP	۰/۳۵۱	۰/۲۵۰	۰/٤۰۷
PLL, LLP	۲/۲۳۳	۱/۳۱۵	۱/۳٦۰
OLL, LLO	۱۱/۳۲۳	۷/۵۰۲	٦/۸۵۵
POO, OOP	۸/۲۹٤	۱۰/۲٤۵	۱۲/۸٤۹
LOO, OOL	۲٦/۳۵۱	۲٦/۹۲۱	۲۱/٤۸۵
OLP, PLO	۳/۵٦٤	۲/۸۵۵	٤/۰۹۹
POL, LOP	۵/۱۹٦	٤/۷۱۹	٤/۲٦۳

*.گونه‌های مختلف مولکولی محاسبه شده و موجود در روغن پسته مورد آزمایش: O: اسید اولئیک، L: اسید لینولئیک و P: اسید پالمیتیک و برای مثال POL یعنی P: موقعیت اول، O: موقعیت دوم وL:موقعیت سوم.

نتایج نهایی جداول (۲، ۳ و ٤) بوضوح نشان داد که اسید اولئیک عمده‌ترین اسیدچرب غیراشباع در موقعیت دوم می‌باشد، در حالیکه اسیدچرب اشباع پالمیتیک بمیزان گسترده‌ای در موقعیت‌های خارجی (۱و۳) و بمیزان ناچیزی در موقعیت دوم قرار می‌گیرد (هیچکوک، ۱۹۷۱).

هولکاپک در سال ۲۰۰٤ به نتایج مشابهی از نظر فراوانی مولکول‌های OLL وOLO، میزان ناچیز حضور اسید پالمیتیک در موقعیت دوم و فراوانی بیشتر تری‌اسیل-گلیسرول‌های غیراشباع در سه موقعیت مولکول رسید. اگرچه این محقق ۲۱ گونه مولکولی را در روغن پسته

www.SID.ir

Archive of SID

آشکارسازی کرد و این تفاوت مربوط به تکنیک و نوع دستگاه مورد استفاده و نوع واریته پسته مورد آنالیز می-باشد.

اسلان و برهمه در سال ۲۰۰۲ اعلام کردند که مغزها مانند پسته روی پروفیل چربی پلاسمای خون و در جلوگیری از بیماری‌های قلبی اثر مثبت دارد (اوهر، ۲۰۰٤، برهمه، ۲۰۰۲؛ دایهل، ۲۰۰۲). بنابراین واریته اوحدی به‌دلیل داشتن مقادیر بیشتری از اسید لینولئیک در موقعیت دوم، دارای خواص تغذیه‌ای بهتری نسبت به سایر واریته‌های مورد آزمایش است.

سپاسگزاری

انجام این کار پژوهشی با کمک مالی مشترک حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه تهران، معاونت تحقیقات وزارت جهاد کشاورزی و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات امکان‌پذیر بوده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

۱.فاطمی، ح. ۱۳۷۸. شیمی مواد غذایی، چاپ سوم، انتشارات شرکت سهامی انتشار، تهران.

2.Agar, I.T. 1998. Lipid characteristics of Turkish and Iranian pistachio kernels. Acta-Horticulturae 470:378-384.

3.Agar, I.T., Sarmiento, C., Garces, R., Kaska, N., Kafkas, S., Kuden, A.B., AK, B.E., Ferguson, L., and Michailides, T. 1995. Compositional changes of fatty acids during the development of embryo in pistacia vera. Acta-Horticulturae 419:405-410.

4.AOCS. 1993-1997. Acid value. 5th ed. AOCS Afficial method Cd 3d-63.

5.AOCS. 1993-1997. Determination of fatty acids in the 2-position in the triglyceride of oils and fats. 5th ed. AOCS Afficial method Ch 3-91.

6.Aslan, M., Orhan, I., and Şener, B. 2002. Comparison of the seed oils of Pistacia vera L. of different origins with respect to fatty acids. International Journal of Food Science and Technology 37:333-335.

7.Ayfer, M. 1973. Investigation on the quantity of oil and the kinds and properties of fatty acids in the fruits of some important pistacia species and the possibilities of their use in biochemical systematics. Yalova Bache Kulturleri Arastirma VE Egitim Merkezi Dergisi 6(1-2):25-40.

8.Badings, H. T., De Jong, C. 1983. Capillary GC of fatty acid methyl esters. A study of conditions for the quantitative analysis of short- and long-chain fatty acids in lipids. Journal of Chromatography 270:493-506.

9.Brehme, U. 2002. Significance of nuts in the daily diet for prevention of cardiovascular diseases. Ernahrungs-Umschau 49(2):44-48.

10.Carlos, G. L., Nuria, G. T., Vicente, B. N., J.Efigenio, G. G., and Luisa, M. C. 1996. Major fatty acid composition of 19 almond cultivars of different origins: A chemometric approach. Journal of Agricultural Food Chemistry 44: 1751-1755.

11.Combe, N. 2002. Bioavailability of fatty acid and population reference intake. Lipids 9(2/3):135-138.

12.Daneshrad, A. 1978. The structure of the glycerides of pistachio kernel oil. Journal of the American Oil Chemists' Society 55(3):317-319.

13.Diehl, J. F. 2002. Nuts shown to offer health benefits. International News on Fats, Oils and Related Materials 13:134-138.

14.Garcia, J. M., Agar, I. T., Streif, J. 1992. Fat content and fatty acid composition in individual seeds of pistachio grown in Turkey. Gartenbauwissenschaft 57(3):130-133.

15.Guinda, A. 2003. Chemical and physical properties of sunflower oil with high levels of oleic and palmitic acids. European Journal of Lipid Science and Technology 105(314):130-137.

16.Hamilton, R. J., and Rossel, J. B. 1987. Analysis of oils and fats. Elsevier Applied Science p. 18-19, 49-55, 103, 254, 313-336.

17.Hitchcock, N. 1971. Plant Lipid Biochemistry. Academic press. London and New York. P.81-89.

www.SID.ir

Archive of SID

18.Holcapek, M., Jandera, P., Zderadicka, P., and Hruba, L. 2003. Characterization of triacylglycerol and diacylglycerol composition of plant oils using high-performance liquid chromatography–atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. Journal of Chromatography A 1010:195–215.
19.Holland, B., Unwin, I. D., and Buss, D. H. 1992. In fruits and nuts, 5th ed. Royal Society Of Chemistry. U.K. p.106.
20.Ikeda, I. 1991. Lymphatic absorption of structured glycerolipids containing medium-chain fatty acids and linoleic acid, and their effect on cholesterol absorption in rats. Lipids 26(5):369-373.
21.Kamangar, T., and Farsam, H. 1977. Chemical composition of pistachio kernels of various Iranian origin. Journal of Food Science 42:1135-1138.
22.Kucukoner, E., and Yurt, B. 2003. Some chemical characteristics of pistachio vera varieties produced in Turkey. European Food Research and Technology 217:308-310.
23.Ohr, L. M. 2004. Nutraceuticals and functional foods. Food Technology 58(1): 55-59.
24.Okay, Y. 2002. The composition of some pistachio cultivars regarding their fat, fatty acids and protein content. Gartenbauwissenschaft 67(3): 107-113.
25.Paoletti, R., and Kritchevsky, D. 1964. Advances in Lipid Research. vol.2. Academic press. New York and London. p. 1-15.
26.Parcerisa, J., Boatella, J., Codony, R., Rafecas, M., Castellote, A. I., Garcia, J., Lopez, A., and Romero, A. 1995. Comparison of fatty acid and triacylglycerol compositions of different hazelnut varieties (Corylus avellana L.) cultivated in Catalonia (Spain). Journal of Agricultural and Food Chemistry 43(1):13-16.
27.Ruggeri, S., Cappelloni, M., Gambelli, L., Nicoli, S., and Carnovale, E. 1988. Chemical composition and nutritive value of nuts grown in Italy. Italian Journal of Food Science 10(3):243-252.
28.Safari, M., Kermasha, S., Pabai, F., and Sheppard, J. D. 1994. Interesterification of butter fat by lipase from *Mucor miehei* in microemulsion system. Journal of Food Lipids, 1:247-263.
29.Satil, F., Azcon, N., and Baser, K. H. C. 2003. Fatty acid composition of pistachio nuts in Turkey. Chemistry of Natural Compounds 39: 322-324.
30.Stoll, U. 1993. The influence of fatty acids in triglycerides on the digestion of dietary fats by pancreatic lipase. Fett Wissenschaft technologie 95(6):231-236.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 14(1), Apr -May 2007
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

Positional Distribution Determination of Three Major Fatty Acid in Oil of Seven Important Varieties of Pistachio (*Pistachio vera* L., Anacardiaceae) According to the 1,3-Random, 2-Random Theory

N. Mohammadi[1], M. Safari[2], S.H. Fatemi[3] and M. Hamedi[2]
[1]Former M.Sc. student of Islamic Azad Tehran Univ., Section of Research and Science and Instructor of Central laboratory, Abouryhoun Complex, Tehran Univ., [2]Faculty membersof Dept. Food Technology, College of Agriculture, Tehran Univ. [3]Faculty member of chemistry Engineering, Tehran Univ., Iran

Abstract

The key important varieties of Iranian pistachio including: Ohadi, Akbari, Kalehghochi, Fandoghee48, Fandoghee reez, Ahmad aghaee and Badami zarand were obtained from the Rafsanjan Research Center of Pistachio. The pistachio oils were extracted by organic solvent and decolorized by alumina column. Qualitative and quantitative determinations of fatty acids were obtained by gas chromatograph (GC). Molecular species of various triacylglycerol classes were estimated according to 1,3-random, 2-random theory. The results showed that unsaturated fatty acids were dominant in pistachio oil. Major fatty acid was oleic acid (O) (53.0-77.6%) and other available fatty acids were linoleic acid (L) (15.2-38.6%) and Palmitic acid (P) (7.1-8.6%). The results showed that the major molecular species found were OOO (21.0-32.3%) and OOL,LOO (21.4-26.9%). However, the amount of molecular species such as POP, PLL, LLP and PLP were the slightest, comparing to the total triacylglycerols originated from Iranian pistachio oil.

KeyWords: GC; Pistachio oil; Positional distribution of Fatty acid; Triacylglycerol (TAG)

www.SID.ir