Journal of Food Hygiene, Vol. 10, No. 38, Summer 2020

"Research article" DOI: 10.30495/JFH.2020.1879716.1234

Fatty acid profile and heavy metal (copper, chromium and cobalt) content in animal oils in Ilam province

Gholami Gilani, S.[1], Taheri, A.[2*], Gholami Gilani, G.[3], Shahmari, M.[4]

1. M.Sc Graduate, Department of Food Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Assistant professor, Department of Chemistry, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran
3. Assistant professor, Faculty of Veterinary Medicine, Urumia University, Urumia, Iran
4. Assistant professor, Department of Food and Drug, Faculty of Medicine, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

*Corresponding author: taheri@ilam-iau.ac.ir
(Received: 2019/9/27 Accepted: 2020/3/11)

Abstract

In determining the quality of oils, heavy metal content, physical-chemical indices, and fatty acid profile, especially trans fatty acids are important factors. In this study, animal oil samples of different regions of Ilam province studied. After digestion and extraction by microwave-assisted acid digestion, the heavy metals content of the samples measured by an improved flame atomic absorption spectroscopy method. Moreover, after extraction and derivatization of the oils, the fatty acid profile was analyzed by gas chromatography. To facilitate the conclusion of the data obtained, samples of different regions of the province are divided into three parts: northern, southern, and central cities. According to the results, copper, cobalt, and chromium levels were reported in the range of 0.04-4.47, 0.02-2.33, and 0.02-3.54 mg/kg, respectively, which were below the maximum permissible levels. It was revealed that using the modified gas chromatography method, it is possible to separate and measure 27 fatty acids simultaneously. Besides, an acceptable degree of extraction of oleic and linoleic acid is extracted to calculate the cis and trans isomers, which was achieved.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Physicochemical indices, Liquid-liquid extraction, Heavy metals, Fatty acids

«مقاله پژوهشی» DOI: 10.30495/JFH.2020.1879716.1234

بررسی پروفایل اسیدهای چرب و عناصر سنگین (مس، کروم و کبالت) در روغن‌های حیوانی استان ایلام

سهیلا غلامی گیلانی[۱]، علیرضا طاهری[۲*]، غلامرضا غلامی گیلانی[۳]، مهتاب شاهماری[٤]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استادیار گروه شیمی، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

۳. استادیار دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه ، ایران

٤. استادیار معاونت غذا و دارو، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات: taheri@ilam-iau.ac.ir

(دریافت مقاله: ۹۸/۷/۵ پذیرش نهایی: ۹۸/۱۲/۲۱)

چکیده

میزان فلزات سنگین، اندیس‌های فیزیکی – شیمیایی و پروفایل اسیدهای چرب مخصوصاً اسیدهای چرب ترانس در روغن‌ها، فاکتورهای بسیار مهمی برای تعیین کیفیت آن‌ها می‌باشد. در این تحقیق، روغن‌های حیوانی ۱۹ منطقه مختلف استان ایلام موردبررسی قرار گرفت و پس از هضم و استخراج به‌روش هضم اسیدی با کمک امواج ریزموج، میزان فلزات سنگین آن‌ها، توسط یک روش بهبودیافته اسپکتروسکوپی جذب اتمی شعله اندازه‌گیری شده است. پروفایل اسیدهای چرب پس از استخراج و مشتق‌سازی با روش کروماتوگرافی گازی آنالیز گردید. به‌منظور سهولت در نتیجه‌گیری داده‌های حاصل، نمونه‌گیری‌های مناطق مختلف استان به سه قسمت شهرستان‌های شمالی، جنوبی و مرکزی تقسیم شده‌اند. مطابق نتایج به‌دست‌آمده میزان مس، کبالت و کروم به‌ترتیب در دامنه ۰/۰٤-٤/٤۷، ۰/۰۲-۲/۳۳ و ۰/۰۲- ۳/٥٤ mg/Kg گزارش شد که پایین‌تر از سطح بیشینه مجاز برای فلزات می‌باشد. در روش اصلاح‌شده گاز کروماتوگرافی، امکان جداسازی هم‌زمان ۲۷ اسید چرب حاصل شد و جداسازی قابل قبولی برای اسید اولئیک و لینولئیک به‌منظور محاسبه ایزومرهای سیس و ترانس به‌دست آمد. طبق نتایج به‌دست‌آمده از پروفایل اسیدهای چرب در مناطق شمالی، مرکزی و جنوبی استان ایلام، در تمامی مناطق میزان اسیدهای چرب اشباع نسبت به اسیدهای چرب غیراشباع و سایر اسیدهای چرب دارای مقادیر بالاتری می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: اندیس‌های فیزیکی –شیمیایی، استخراج مایع– مایع، فلزات سنگین، اسیدهای چرب

مقدمه

ازنظر ساختار شیمیایی لیپیدها به‌طور عمده از گلیسرول و اسیدهای چرب تشکیل‌شده‌اند و بر مبنای حالت فیزیکی در دمای محیط به انواع روغن‌ها و چربی‌ها تقسیم می‌شوند. روغن‌ها به‌طور عمده از اسیدهای چرب غیراشباع و چربی‌ها از اسیدهای چرب اشباع تشکیل‌شده‌اند (Tricon and Yaqoob, 2006). این ترکیبات مهم نه‌تنها باعث تولید انرژی در بدن می‌شوند بلکه بر روی خواص حسی و ماندگاری مواد غذایی تأثیر چشم‌گیری دارند. از طرف دیگر تحولات ایجادشده در بخش‌های صنعتی- کشاورزی و ارتقای سطح زندگی بشر در دهه‌های اخیر، کاربرد فلزات سنگین را در زمینه‌های مختلف اجتناب‌ناپذیر نموده است. بنابراین مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی حال حاضر بشر، آلودگی مواد غذایی توسط فلزات سنگین می‌باشد. به همین منظور شناسایی و تعیین دقیق میزان فلزات سنگین به دلیل اثرات زیان‌بار آن‌ها بر محیط‌زیست و همچنین اختلالات و بیماری‌هایی که این فلزات در اثر تجمع در بدن انسان به‌وجود می‌آورند، اهمیت به‌سزایی دارد (Tchounwou *et al.*, 2012).

فلزات سنگین به‌روش‌های مختلف نظیر استخراج، فرآیند ذوب، احتراق مواد سوختی و صنعتی شدن به محیط‌زیست راه یافته‌اند، از مسیرهای گوناگون مانند نشت اتفاقی مواد نفتی، نزولات جوی، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی به چرخه غذایی واردشده و در بافت‌ها و اندام‌های گیاهی و حیوانی تجمع می‌یابند (Filazi *et al.*, 2003). یون مس به‌صورت آزاد، در خون باعث افزایش گونه‌های فعال اکسیژنی ازجمله رادیکال‌های آزاد سوپراکسید، آب‌اکسیژنه و نهایتاً رادیکال آزاد هیدروکسیل می‌گردد که همگی به پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌رسانند و مسمومیت مزمن با این فلز سبب صدمه به کبد، کلیه‌ها و دیگر اندام‌های درونی می‌گردد (Blasi *et al.*, 2008). همچنین یون کروم موجب ایجاد درماتیت‌های پوستی و تحریک غشای مخاطی می‌شود و عامل بروز نارسایی‌های عروق کرونر قلبی در کشورهای درحال‌توسعه می‌باشد. کیفیت و نوع چربی در رژیم غذایی بر روی سلامت مصرف‌کنندگان تأثیر به‌سزایی دارد (Turan *et al.*, 2007, Soyeurt and Gengler, 2008). بنابراین امروزه سازمان‌های بهداشتی در سراسر جهان برای هر یک از انواع اسیدهای چرب از قبیل اسید چرب اشباع، اسید چرب غیراشباع دارای یک باند دوگانه، اسید چرب غیراشباع دارای چند باند دوگانه و اسیدهای چرب ترانس، میزان روزانه دریافت را مشخص می‌کنند (Woodside *et al.*, 2008, Van Ruth *et al.*, 2010). زیرا بین سطح اسید چرب اشباع و به‌خصوص اسید چرب ترانس در رژیم غذایی افراد و خطر بیماری‌های قلبی رابطه‌ای مستقیم وجود دارد (Matthan *et al.*, 2004). اسیدهای چرب ترانس به‌طور طبیعی در گوشت و محصولات لبنی به‌دست‌آمده از گاو و گوسفند و دیگر نشخوارکنندگان وجود دارد. مقادیر حداقلی دریافت برخی اسیدهای چرب ترانس در هر وعده غذایی فقط ۳/۲ گرم (بر اساس قوانین کانادا) می‌باشد و این امر، لزوم استفاده از روش‌های دقیق، سریع و حساس برای تعیین سطح این ترکیبات را بیش‌ازپیش آشکار و مشخص می‌کند (Salimon *et al.*, 2017).

روغن حیوانی از چربی شیر گاو، گوسفند و بز به‌دست می‌آید. روغن حیوانی شبیه کره حیوانی است

که مقدار چربی آن از ۰/۲ تا ۹۹/۸ درصد است. مقاومت حرارتی این روغن در برابر تخریب شدن در حدود ۲۵۰ درجه سلسیوس می‌باشد. روغن‌ها در اثر عوامل مختلف ازجمله روش‌های نگهداری و امکان آلودگی به‌مرورزمان دست‌خوش تغییرات کیفی شده و یکی از شاخص‌های این تغییرات، اندیس اسیدی می‌باشد. پژوهش‌های مشابه نشان می‌دهد. این اندیس معیاری برای تعیین سالم بودن نمونه مورد آزمایش است و در روغن‌هایی که در آن‌ها واکنش هیدرولیز صورت گرفته مقدار اندیس اسیدیته بالاتر است (Sağdıç *et al.*, 2004). در صورت عدم رعایت شرایط بهینه در استخراج و نگهداری روغن، این مقدار افزایش می‌یابد (Kardash and Tur'yan, 2005). بر اساس استاندارد ملی ایران حداکثر اسیدیته برحسب اسید اولئیک برای روغن‌ها و چربی‌های خوراکی نباید از ۰/٤ گرم در ۱۰۰ گرم تجاوز کند. تحقیقات اخیر نشان داده است اکسیژن، نور، ترکیب چربی مصرفی، فلزات، زمان، رطوبت سطح تماس و بسته‌بندی بر سرعت اکسیداسیون تأثیرگذار است (Al-Khalifah and Al-Kahtani, 1993). بر اساس استاندارد ملی ایران حداکثر مجاز پراکسید برای روغن‌ها و چربی‌های خوراکی ۱/۷ میلی اکی‌والان در کیلوگرم می‌باشد (ISIRI, 10085/2014).

عدد یدی تعداد پیوندهای دوگانه موجود در چربی بوده و درجه غیر اشباعیت چربی را نشان می‌دهد. در روغن‌هایی که مقدار اندیس یدی بالاتر است مستعد فساد اکسیداسیونی هستند عدد یدی تعداد پیوندهای دوگانه موجود در چربی بوده و درجه غیراشباعیت چربی را نشان می‌دهد. ترکیبات آلی حاوی پیوندهای دوگانه یا سه‌گانه به‌دلیل انتقالات n به π^* ضریب جذب را افزایش می‌دهند و ضریب جذب با ضریب شکست رابطه دارد. در نتیجه اندیس یدی رابطه مستقیم با ضریب شکست و رابطه عکس با نقطه ذوب چربی دارد. هر چه درجه غیراشباعیت چربی بالاتر باشد حساسیت به اکسیداسیون بالاتر است. بر اساس استاندارد ملی ایران مقدار اندیس یدی برای روغن‌ها و چربی‌های خوراکی به روش هانوس باید در دامنه ۲٦ الی ٤۰ باشد (ISIRI, 4886/2016).

اندازه‌گیری عدد صابونی در روغن‌ها و چربی‌های خوراکی برای مشخص کردن وزن مولکولی اسیدهای چرب و یا مشخص کردن طول زنجیره اسید چرب موجود در روغن به‌کار می‌رود. عدد صابونی‌شدن، مقدار KOH جهت خنثی کردن اسیدهای چرب حاصل از هیدرولیز یک گرم چربی است. عدد صابونی نشان‌دهنده آبکافت یک استر به الکل و اسید یا نمک مربوطه است. در مورد چربی‌ها نوع واکنش بین قلیایی و چربی منجر به تشکیل صابون و گلیسیرین می‌شود. بر اساس استاندارد ملی ایران مقدار اندیس صابونی روغن‌های خوراکی و حیوانی بایستی در دامنه ۲۲۵ الی ۲۳۵ میلی‌گرم پتاس در گرم باشد (ISIRI, 4886/2016).

اسید چرب ترانس یک اسید چرب غیراشباع در روغن‌های حیوانی می‌باشد که مشابه با اسیدهای چرب اشباع عمل می‌کند. گزارشات سازمان بهداشت جهانی WHO و سازمان غذا و کشاورزی FAO در مورد رژیم، تغذیه و پیشگیری از بیماری‌های مزمن، اثرات مصرف اسیدهای چرب غیراشباع ترانس را بر لیپوپروتئین‌های خون و خطر بیماری‌های کرونری قلب تأیید می‌کند (Willett, 2006). اثرات مصرف اسیدهای چرب ترانس که به‌طور ثابتی در مطالعات کنترل‌شده و مشاهده‌ای

دیده شده است که شامل افزایش LDL کلسترول و کاهش HDL کلسترول و افزایش نسبت کلسترول تام بر HDL کلسترول، ممانعت از طولانی شدن و غیراشباع شدن اسید لینولئیک و لینولنیک می‌شود (Brown *et al.*, 1993). بر طبق استانداردهای ملی و جهانی، مقدار بیشینه مجاز مجموع اسیدهای چرب ترانس در روغن‌های خوراکی ۲ درصد تعیین‌شده است (Dashti *et al.*, 2002). با توجه به این‌که اسیدهای چرب اشباع و ترانس سبب افزایش چربی‌های مضر (LDL) شده و بیماری‌های قلبی عروقی را سبب می‌شوند. مقدار بیشینه مجاز برای اسید چرب اشباع در روغن‌های خوراکی طبق استانداردهای مختلف ملی ایران، ۳۰ درصد وزنی است (Micha and Mozaffarian, 2010). یکی از مهم‌ترین محصولات استان ایلام، محصولات دامی و به‌طور ویژه روغن‌های حیوانی می‌باشد. باوجود رغبت مردم غرب کشور به مصرف روغن‌های حیوانی به‌ویژه روغن حیوانی و اسید چرب موجود در این ماده غذایی، متأسفانه تاکنون بررسی و ارزیابی دقیقی از میزان آلودگی فلزات سنگین موجود در روغن‌های حیوانی موجود در این ناحیه از کشور نشده است. از این‌رو تحقیق حاضر باهدف بررسی میزان فلزات سنگین (کروم، کبالت و مس)، اندیس‌های فیزیکی- شیمیایی و بررسی دقیق پروفایل اسیدهای چرب موجود در روغن‌های حیوانی واقع در استان ایلام انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

کلیه محلول‌های شیمیایی مورداستفاده از شرکت شیمیایی مرک (Merck, Germany) و محلول‌های استاندارد اسیدهای چرب در اندازه‌گیری پروفایل اسیدها، از شرکت شیمیایی ارنست هوفر (Eernest Hoffer, Germany) تهیه گردیدند.

- معرفی نمونه‌ها

در این تحقیق استان ایلام به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی تقسیم‌بندی شده است (شکل ۱). علت تقسیم استان به این سه بخش به‌دلیل تفاوت فراوان در اقلیم آب و هوایی آن‌ها می‌باشد و بنابراین امکان حصول نتایج علمی‌تر را ممکن می‌سازد. از ۱۹ منطقه استان ایلام نمونه‌برداری گردید. جدول (۲) لیست مناطق نمونه‌گیری در این پژوهش را نشان می‌دهد.

شکل (۱)- تقسیم‌بندی استان ایلام به سه منطقه شمالی، مرکزی و جنوبی

- اندازه‌گیری اندیس‌های فیزیکی - شیمیایی

به‌منظور تعیین اندیس اسیدیته، ۱ گرم از هر نمونه روغن در ۵۰ میلی‌لیتر مخلوط اتر- اتانول حل شد. سپس نمونه در حضور فنل فتالئین به‌عنوان شناساگر توسط محلول پتاسیم هیدروکسید با غلظت ۰/۱ مولار تیتر گردید (Dini and Carapetian, 2008). مقدار اندیس اسیدیته برحسب معادله (۱) محاسبه شد:

$$AV=\frac{56.1\times V\times C}{m} \qquad (۱)$$

در این معادله، ٥٦/١ وزن اکی‌والان KOH می‌باشد، V حجم برحسب میلی‌لیتر KOH مصرفی، C غلظت تیترانت و m وزن نمونه روغن می‌باشد.

مقدار اسیدهای چرب آزاد W_{fa} برحسب گرم اولئیک اسید در هر ۱۰۰ گرم چربی با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$w_{fa}=\frac{282\times AV}{100} \qquad (۲)$$

عدد پراکسید (PV) بر اساس روش استاندارد AOCS Cd 8-53 اندازه‌گیری گردید (Society and Firestone, 1994). به‌منظور تعیین اندیس پراکسید، ۵ گرم از نمونه روغن حیوانی توزین و ۵۰ میلی‌لیتر محلول اسید استیک: ایزوانتان به نسبت ۳:۲ به نمونه اضافه گردید. نمونه به‌مدت ۳۰ دقیقه به‌طور کامل حل شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول یدید پتاسیم اشباع به محلول نمونه اضافه و مجدد به‌مدت ۵ دقیقه نمونه هم زده شد. در مرحله پایانی، محلول نمونه در بالن ۱۰۰ توسط آب مقطر به حجم رسانده شد و در حضور محلول نشاسته به‌عنوان شناساگر توسط محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تا ناپدید شدن رنگ زرد تیتر گردید. یک محلول شاهد نیز به‌طور موازی با این روش آماده می‌شود. محاسبه اندیس پراکسید بر طبق معادله (۳) انجام شد:

$$\text{مقدار پراکسید}: \frac{10\times(V1-V2)}{m} \qquad (۳)$$

در این معادله V_1 و V_2 حجم تیترانت برای تیتراسیون محلول نمونه و شاهد برحسب میلی‌لیتر می‌باشد و m جرم نمونه برحسب گرم می‌باشد.

اندیس یدی با استفاده از محلول هانوس و بر اساس روش ارائه شده توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران آنالیز و محاسبه گردید (ISIRI, 165/2005). اندیس صابونی به‌روش استاندارد AOCS به شماره Cd 3-25 اندازه‌گیری شد (Society and Firestone, 1994).

- استخراج و مشتق‌سازی اسیدهای چرب

به‌منظور استخراج اسیدهای چرب، ۱/۵ گرم از نمونه‌های روغن به ظرف مخصوص منتقل گردیدند و در ۳۰ میلی‌لیتر از حلال ترکیبی کلروفرم: متانول با نسبت حجمی ۱:۲، حاوی ۰/۰۱ درصد (Butylated hydroxytoluene) BHT به‌عنوان آنتی‌اکسیدان به‌مدت ۳ دقیقه ورتکس شدند. نمونه‌ها پس از عبور از صافی، در لوله‌های آزمایش، به سه قسمت برابر تقسیم و به هرکدام ۲ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سیستم دوفازی حاصل به‌مدت ٤ دقیقه سانترفیوژ (٤۰۰۰ دور بر دقیقه) گردید. فاز آبی حاوی آب و ناخالصی‌های غیرلیپیدی دور ریخته شد و فاز آلی جمع‌آوری گردید. این فرایند سه مرتبه تکرار گردید تا فاز آلی خالص‌سازی گردد و در پایان فازهای آلی سه لوله تجمیع گردیدند. سپس محلول در دستگاه بن ماری تحت خلأ، آب‌گیری و پس از افزودن مقدار مناسب از نرمال هگزان درون ظرف

مناسب تا زمان استفاده، در دمای ٤ درجه نگهداری گردید (Folch *et al.*, 1957).

فرایند مشتق‌سازی اسیدهای چرب بر اساس دستورالعمل AOAC انجام گردید (Brühl, 1997) مقدار ۲۰۰ میکرولیتر از نمونه و ۵۰۰ میکرولیتر از محلول تری دکانوئیک اسید (Tridecanoic acid) با غلظت ۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به‌عنوان استاندارد داخلی درون لوله‌آزمایش به ۲ میلی‌لیتر از سود متانولی با غلظت ۰/۵ مولار اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۱/۵ دقیقه ورتکس و ۱۵ دقیقه در دمای ۸۵ درجه حرارت داده شدند تا محلول صورتی‌رنگ گردیده و واکنش متیلاسیون کامل شود. سپس نمونه‌ها سرد شده و ۳ میلی‌لیتر محلول تری فلورید برم متانولی ١٤درصد (BF_3) به محلول بالا اضافه و مجدد ۱/۵ دقیقه ورتکس و ۱۰ دقیقه در حرارت ۱۰۰ درجه قرار داده شد. در پایان، به نمونه‌های سرد شده، ۳ میلی‌لیتر هگزان نرمال و ۱۰ میلی‌لیتر محلول NaCl اشباع اضافه و پس از سانترفیوژ، در دمای ٤٥ درجه آب‌گیری شدند. به هر نمونه ۲۰۰ میکرولیتر نرمال هگزان اضافه و سپس به دستگاه GC تزریق گردیدند (Silvestre *et al.*, 2009, Rosenfeld, 2002, Motevalli and Mirzajani, 2019, Itodo *et al.*, 2019).

- آنالیز پروفایل اسیدهای چرب با استفاده از GC-FID

شناسایی و تعیین مقدار اسیدهای چرب با سیستم GC واریان مدل CP-3800 انجام گردید. به‌منظور حصول حداکثر تفکیک در سیستم کروماتوگرافی، شرایط دستگاهی برای جداسازی اسیدهای چرب از نمونه‌های روغن بهینه‌سازی گردید (جدول ۱). محلول استوک استاندارد حاوی تمامی اسیدهای چرب موردبررسی با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر برای هراسید چرب در متانول تهیه گردید. به‌منظور رسم منحنی کالیبراسیون محلول‌های با غلظت‌های ۰/۱ الی ۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از اسید چرب و ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر از محلول تری دکانوئیک اسید به‌عنوان استاندارد داخلی تهیه شد. به‌منظور تعیین پروفایل اسیدهای چرب روغن‌ها، آنالیز هر نمونه ۳ بار تکرار و پس از محاسبه میانگین درصدهای نتایج، به‌عنوان درصد نهایی برای هر نمونه مورد آزمایش گزارش شد.

جدول (۱)- مشخصات دستگاهی و شرایط بهینه‌شده GC-FID برای جداسازی اسیدهای چرب از نمونه روغن

انژکتور	Split/Splitless، دما: ۲٦۰ °C، نوع کنترل جریان: سرعت خطی، نسبت اسپیلیت: ۱:۱۰
ستون	CP-Sil 88، طول ۱۰۰ متر، ID: ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت فاز ساکن: ۰/۲۵ میکرون
دما	٤٥ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۵ دقیقه، ۱۰ درجه افزایش دما در دقیقه تا دمای ۲٤۰ درجه و تثبیت دما به‌مدت ۱۵ دقیقه
برنامه	
آشکارساز	FID، دما: ۲٦۵ درجه سلسیوس
گاز حامل	هلیوم با جریان خطی ۲۵ میلی‌لیتر در دقیقه
گاز میک‌آپ	هلیوم با جریان ۲۵ میلی‌لیتر در دقیقه
سوخت	هیدروژن با جریان ۳۵ میلی‌لیتر در دقیقه
اکسیدانت	هوا با جریان ۳۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه

- هضم اسیدی همراه با امواج ریزموج و اندازه‌گیری فلزات سنگین با استفاده از دستگاه FAAS

برای اندازه‌گیری فلزات سنگین، نمونه‌ها به‌روش اسیدی همراه با امواج ریزموج، هضم و با دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی شعله (FAAS) اندازه‌گیری شده‌اند. مقدار ۱ گرم از نمونه با ٦ میلی‌لیتر از اسید نیتریک غلیظ (٦٥ درصد) و ۲ میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه ۳۰ درصد به‌مدت ۳۰ دقیقه در ماکروویو قرار داده شد و نمونه‌ها با ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک۲ درصد رقیق شدند. شرایط هضم با سیستم ماکروویو به‌صورت، ۳ دقیقه در ۵۰۰ وات، ۵ دقیقه در ۸۰۰ وات، ۸ دقیقه در ۱۰۰۰ وات و نهایتاً ۱۰ دقیقه در ۱۳۰۰ وات بوده است. نمونه شاهد به‌روش مشابه تهیه گردید (Alisher *et al.*, 2019, Mohammadi *et al.*, 2018).

- نرم‌افزار و آنالیزهای آماری

نتایج با استفاده از طرح کاملاً تصادفی برای نمونه‌های روغن حیوانی و در ۳ تکرار به‌صورت میانگین و انحراف معیار گزارش گردید. آنالیز t-test برای شناسایی تفاوت معنی‌داری (P< ۰/۰۱) بین گروه‌ها انجام گرفت. با استفاده از نرم‌افزار minitab و SPSS 20 به‌روش آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش LSD صورت پذیرفت. درنهایت کلیه منحنی‌ها توسط نرم‌افزار Excell نسخه ۲۰۰۷ ترسیم گردید.

جدول (۲)- معرفی نمونه‌های روغن حیوانی استان ایلام

ردیف	منطقه نمونه‌برداری	ناحیه
۱	سراب	شهرستان‌های شمالی
۲	چوار	
۳	سرابله	
٤	شباب	
٥	آسمان‌آباد	
٦	خوران	شهرستان‌های مرکزی
۷	چالانچی	
۸	میشخاص	
۹	ملکشاهی	
۱۰	بدره	
۱۱	عباس‌آباد	
۱۲	هفت‌چشمه	
۱۳	سراب میمه	شهرستان‌های جنوبی
١٤	مورموری	
١٥	دره شهر	
١٦	آبدانان	
۱۷	دهلران	
۱۸	ماژین	
۱۹	زنجیره	

یافته‌ها

- اندیس‌های فیزیکی-شیمیایی

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن حیوانی شامل اندیس یدی، اندیس اسیدی، اندیس پراکسید و عدد صابونی بررسی شد. جدول شماره (۳) اندیس فیزیکی - شیمیایی نمونه‌های روغن را به تفکیک ناحیه‌های شمالی، مرکزی و جنوبی نشان می‌دهد.

- اندازه‌گیری فلزات سنگین در نمونه‌های روغن حیوانی

میزان فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد و نتایج به تفکیک هر ناحیه در جدول (٤) ارائه شده است. هر آزمایش سه بار انجام‌شده و انحراف استاندارد نتایج هر آنالیز نیز گزارش گردید.

جدول (۳)- اندیس‌های فیزیکی - شیمیایی نمونه‌های روغن حیوانی (انحراف استاندارد ± میانگین)

ردیف	ناحیه	منطقه نمونه‌برداری	اسیدیته (٪)		اندیس پراکسید (میلی‌اکی‌والان برکیلوگرم)		اندیس صابونی (میلی‌گرم پتاس در گرم)		اندیس یدی (گرم ید در ۱۰۰ گرم)	
۱	شهرستان‌های شمالی	سراب	۰/۰۱ ± ۰/۲۸ b		۰/۰۱ ± ۰/۲۷ b		۱۱/۳۱ ± ۲۲٦/۲۰ a		۱/٥۰ ± ۲۹/۹۷ a	
۲		چوار	۰/۰۱ ± ۰/۲۰ a		۰/۰۱ ± ۰/۱۱ a		۱۱/۲٥ ± ۲۲٥/۰۰ a		۱/٥۱ ± ۳۰/۳۰ a	
۳		سرابله	۰/۰۱ ± ۰/۲٥ b		۰/۰۱ ± ۰/۱۱ a		۱۱/٤۱ ± ۲۲۸/۱۰ a		۱/۸٥ ± ۳۷/۰۸ a	
٤		شباب	۰/۰۱ ± ۰/۱٦ a		۰/۰۱ ± ۰/۲۰ a		۱۱/٤٥ ± ۲۲۹/۰۰ a		۱/۹۲ ± ۳۸/۳٤ a	
٥		آسمان آباد	۰/۰۱ ± ۰/۲۱ a		۰/۰۱ ± ۰/۱۰ a		۱۱/۲٥ ± ۲۲٥/۰۰ a		۱/٦۱ ± ۳۲/۲۳ a	
٦	شهرستان‌های مرکزی	خوران	۰/۰۲ ± ۰/۳۸ b		۰/۰۱ ± ۰/۲۹ b		۱۱/۳۸ ± ۲۲۷/٥۰ a		۱/٦۸ ± ۳۳/٦۰ a	
۷		چالانچی	۰/۰۲ ± ۰/۳٥ b		۰/۰۱ ± ۰/۳۰ b		۱۱/۲٦ ± ۲۲٥/۱۰ a		۱/٤٤ ± ۲۸/۸۷ a	
۸		میشخاص	۰/۰۱ ± ۰/۲۲ a		۰/۰۱ ± ۰/۲۰ a		۱۱/۲٤ ± ۲۲٤/۷۰ a		۱/٦۱ ± ۳۲/۲۳ a	
۹		ملکشاهی	۰/۰۱ ± ۰/۲۰ a		۰/۰۱ ± ۰/۲۹ b		۱۱/٤٦ ± ۲۲۹/۱۰ a		۱/۷۸ ± ۳٥/٦۷ a	
۱۰		بدره	۰/۰۱ ± ۰/۲٦ b		۰/۰۲ ± ۰/۳۸ b		۱۱/٤۳ ± ۲۲۸/٥۰ a		۱/۸٤ ± ۳٦/۷٤ a	
۱۱		عباس آباد	۰/۰۱ ± ۰/۳۰ b		۰/۰۲ ± ۰/٤۳ b		۱۱/٤۱ ± ۲۲۸/۱۰ a		۱/۷۲ ± ۳٤/٤٦ a	
۱۲		هفت چشمه	۰/۰۲ ± ۰/۳۷ b		۰/۰۱ ± ۰/۱٥ a		۱۱/٥۲ ± ۲۳۰/۳۰ a		۱/٦۸ ± ۳۳/٥٦ a	
۱۳	شهرستان‌های جنوبی	سراب میمه	۰/۰۱ ± ۰/۲۰ a		۰/۰۲ ± ۰/۳۹ b		۱۱/۷٥ ± ۲۳٥/۰۰ a		۱/٤٦ ± ۲۹/۱٤ a	
۱٤		مورموری	۰/۰۱ ± ۰/۱۷ a		۰/۰۲ ± ۰/۳۰ b		۱۱/۷۰ ± ۲۳٤/۰۰ a		۱/۹۳ ± ۳۸/٦۸ a	
۱٥		دره شهر	۰/۰۱ ± ۰/۲۳ a		۰/۰۲ ± ۰/٤٤ b		۱۱/۸۰ ± ۲۳٦/۰۰ a		۱/۹٦ ± ۳۹/۲۳ a	
۱٦		آبدانان	۰/۰۱ ± ۰/۱۷ a		۰/۰۱ ± ۰/۱۹ a		۱۱/۷٥ ± ۲۳٥/۰۰ a		۱/٥۲ ± ۳۰/٤۰ a	
۱۷		دهلران	۰/۰۱ ± ۰/۱۸ a		۰/۰۱ ± ۰/۱۱ a		۱۱/۹٥ ± ۲۳۹/۰۰ a		۱/۸٦ ± ۳۷/۱۸ a	
۱۸		ماژین	۰/۰۱ ± ۰/۲۰ a		۰/۰۲ ± ۰/۳٦ b		۱۱/٥٥ ± ۲۳۱/۰۰ a		۱/۹۹ ± ۳۹/۸٤ a	
۱۹		زنجیره	۰/۰۱ ± ۰/۲٦ b		۰/۰۲ ± ۰/۳۸ b		۱۱/۷۰ ± ۲۳٤/۰۰ a		۱/٦٥ ± ۳۳/۰۷ a	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، تفاوت آماری معنی‌داری ندارند. ($p<۰/۰۱$)

جدول (٤)- اندازه‌گیری فلزات سنگین در نمونه‌های روغن حیوانی (انحراف استاندارد ± میانگین)

ردیف	ناحیه	منطقه نمونه‌برداری	Cu (mg/Kg)			Co (mg/Kg)			Cr (mg/Kg)		
۱	شهرستان‌های شمالی	سراب	۰/۰۱۳ ± ۰/۲۷	a		۰/۰۰۷ ± ۰/۱۳	a		۰/۰۱۹ ± ۰/۳۹	a	
۲		چوار	۰/۰۱۹ ± ۰/۳۷	a		۰/۰۲٤ ± ۰/٤۷	a		۰/۰۳۰ ± ۰/٦۰	a	
۳		سرابله	۰/۰۲٤ ± ۰/٤۸	a		۰/۰۳٤ ± ۰/٦۸	a		۰/۰۱۸ ± ۰/۳٦	a	
٤		شباب	۰/۰۱۸ ± ۰/۳٥	a		۰/۰۲۳ ± ۰/٤٦	a		۰/۰۱۰ ± ۰/۱۹	a	
٥		آسمان آباد	۰/۰۳۸ ± ۰/۷٥	a		۰/۰۳۳ ± ۰/٦٦	a		۰/۰۲۳ ± ۰/٤۷	a	
٦	شهرستان‌های مرکزی	خوران	۰/۰۲۳ ± ۰/٤٥	a		۰/۰۲۰ ± ۰/۳۹	a		۰/۰٤٤ ± ۰/۸۷	c	
۷		چالانچی	۰/۰۱۰ ± ۰/۱۹	a		۰/۰۲۸ ± ۰/٥٦	a		۰/۰۰۱ ± ۰/۰۲	a	
۸		میشخاص	۰/۰٤۷ ± ۰/۹٤	c		۰/۰۰۳ ± ۰/۰٦	a		۰/۰۰٦ ± ۰/۱۳	a	
۹		ملکشاهی	۰/۰٤۲ ± ۰/۸٤	c		۰/۰۰٤ ± ۰/۰۸	a		۰/۰۲۰ ± ۰/۳۹	a	
۱۰		بدره	۰/۰٤۹ ± ۰/۹۷	c		۰/۰۲٦ ± ۰/٥۳	a		۰/۰٤٦ ± ۰/۹۳	c	
۱۱		عباس آباد	۰/۰۲۰ ± ۰/٤۰	a		۰/۰۰۱ ± ۰/۰۲	a		۰/۰٤۸ ± ۰/۹۷	c	
۱۲		هفت چشمه	۰/۰۰۲ ± ۰/۰٤	a		۰/۰۱۷ ± ۰/۳٥	a		۰/۰۲۷ ± ۰/٥٥	a	
۱۳	شهرستان‌های جنوبی	سراب میمه	۰/۲۰۲ ± ٤/۰٤	b		۰/۱۱۱ ± ۲/۲۱	c		۰/۱۳۸ ± ۲/۷٦	b	
۱٤		مورموری	۰/۱۱٤ ± ۲/۲۹	c		۰/۰۷۸ ± ۱/٥٥	c		۰/۰۹۹ ± ۱/۹۹	c	
۱٥		دره شهر	۰/۲۲٤ ± ٤/٤۷	b		۰/۰٦۱ ± ۲/۳۳	b		۰/۱۷۷ ± ۳/٥٤	b	
۱٦		آبدانان	۰/۰۷۸ ± ۱/٥٦	c		۰/۱۱۷ ± ۱/۲۲	c		۰/۰۲۸ ± ۰/٥۷	a	
۱۷		دهلران	۰/۱۷٥ ± ۳/٥۱	b		۰/۱۰۲ ± ۱/٤۲	c		۰/۰۲۳ ± ۰/٤۷	a	
۱۸		ماژین	۰/۱۹٦ ± ۳/۹۲	b		۰/۰۷۱ ± ۲/۰٤	B		۰/۱۲٥ ± ۲/٥۰	b	
۱۹		زنجیره	۰/۱٦۸ ± ۳/۳٥	b		۰/۰۱٦ ± ۰/۳۲	A		۰/۰۳۸ ± ۰/۷٦	a	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، تفاوت آماری معنی‌داری ندارند. ($p<۰/۰۱$)

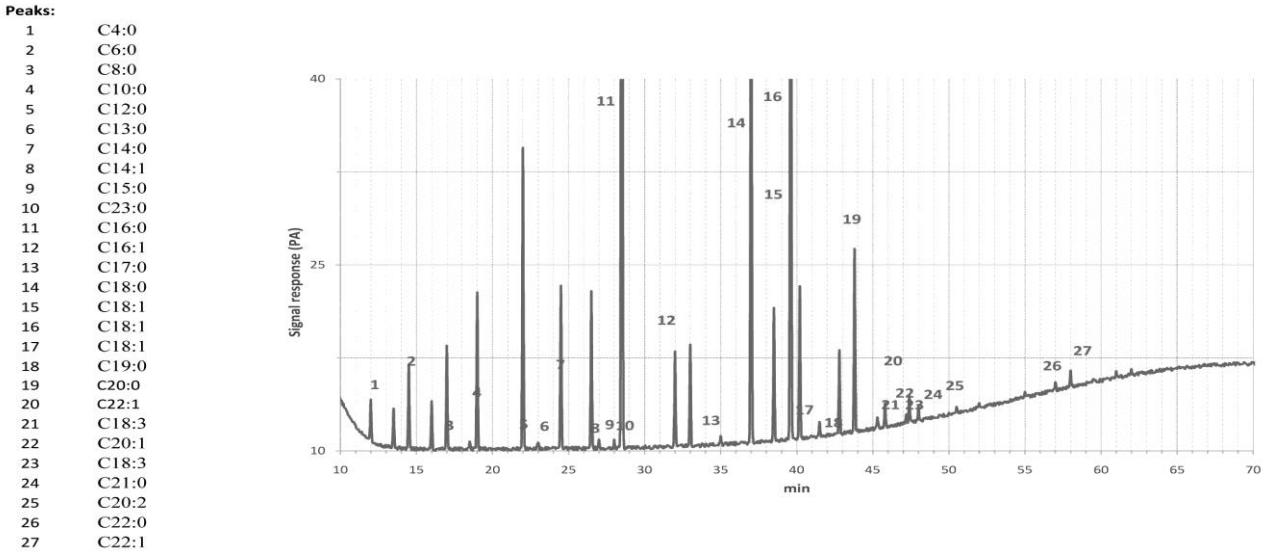
- پروفایل اسید چرب

در این تحقیق پروفایل اسید چرب ۱۹ نمونه روغن حیوانی گرفته‌شده از مناطق مختلف استان ایلام به تفکیک شمالی، جنوبی و مرکزی با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی موردبررسی قرار گرفت. پروفایل اسید چرب و کروماتوگرام کلیه روغن‌های حیوانی در فایل تکمیلی ضمیمه شده است. به‌عنوان یک نمونه در جدول (٥)، پروفایل اسید چرب و در نمودار (۱)، کروماتوگرام روغن حیوانی نمونه ۱ (شهرستان سراب) نشان داده‌شده است. میانگین درصد اسیدهای چرب کل (TFA)، اسیدهای چرب اشباع (SFA)، مجموع اسیدهای چرب غیراشباع دارای یک باند دوگانه (MUFA)، مجموع اسیدهای چرب غیراشباع دارای چند باند دوگانه (PUFA) و اسیدهای چرب ترانس کل (TTFA) برای همه ۱۹ نمونه روغن حیوانی به تفکیک نواحی، در جدول (٦)، نشان داده‌شده است.

جدول (۵)- پروفایل اسید چرب روغن حیوانی نمونه شماره ۱ (شهرستان سراب)

دسته	کد	نام سنتزی	نام تجاری	نتایج (W/W%)	±RSD
اسیدهای چرب اشباع (SFA)	C4:0	butanoic acid	butyric acid	۰/۶۹	۰/۰۳
	C5:0	pentanoic acid	valeric acid	۰/۶۰	۰/۰۱
	C6:0	hexanoic acid	caproic acid	۱/۵۰	۰/۰۵
	C7:0	heptanoic acid	enanthic acid	۰/۷۹	۰/۰۱
	C8:0	octanoic acid	caprylic acid	۱/۵٤	۰/۰۲
	C9:0	nonanoic acid	pelargonc acid	۰/۱٤	۰/۰۲
	C10:0	decanoic acid	capric acid	۲/۳۵	۰/۰۳
	C12:0	dodecanoic acid	lauric acid	٤/۲۵	۰/۰۳
	C13:0	tridecanoic acid	Tridecanoic acid	۰/۱۳	۰/۰۲
	C14:0	tetradecanoic acid	myristic acid	۲/٤۳	۰/۰٤
	C15:0	pentadecanoic acid		۰/۱۳	۰/۰۲
	C16:0	hexadecanoic acid	palmitic acid	۲۲/۵۵	۰/۱۵
	C17:0	heptadecanoic acid	margaric acid	۱/۰۱	۰/۰۵
	C18:0	octadecanoic acid	stearic acid	۱۲/۰۳	۰/۱۱
	C19:0	methylene octadecanoic acid	methylene stearic acid	۰/۲۵	۰/۰۳
	C20:0	eicosanoic acid	arachidic acid	۰/۱۳	۰/۰۲
	C21:0	Methyl Henicosaneate	Heneicosanoic acid	۰/۰۸	۰/۰۱
	C22:0	docosanoic acid	behenic acid	۰/۱۷	۰/۰۲
	C23:0	tricosanoic acid	trocosanoic acid	۰/۱۷	۰/۰۳
	C24:0	tetracosanoic acid	lignoceric acid	۰/۲۰	۰/۰۲
اسیدهای چرب دارای یک باند دوگانه (MUFA)	C14:1	*cis*-9-tetradecenoic acid	myristoleic acid	۲/۳٦	۰/۰۲
	C16:1	*cis*-9-hexadecenoic acid	palmitoleic acid	۱/۷۰	۰/۱٦
	C18:1	*trans*-9-octadecenoic acid	elaidic acid	۱/۳٦	۰/۰٤
		cis-9-octadecenoic acid	oleic acid	۱۵/۲۳	۰/۰٤
		cis-11-octadecenoic acid	vaccenic acid	۲/٦۲	۰/۰٤
	C20:1	*cis*-11-eicosenoic acid	gondoic acid	۰/۱۱	۰/۰۲
	C22:1	*cis*-13-docosenoic acid	erucic acid	۰/۲۸	۰/۰٤
اسیدهای چرب دارای چند باند دوگانه (PUFA)	C18:2	all *trans*-9,12-octadecadienoic acid (1)	linolelaidic acid	۱/۹۳	۰/۰۱
		cis-9,12-octadecadienoic acid (1)	linoleic acid	۲/٦۰	۰/۰۵
	C18:3	all Trans-9,12,15-octadecatrienoic acid	octadecatrienoic acid	۰/۰۲	۰/۰۱
		cis-9,12,15-octadecatrienoic acid (2)	α-linolenic acid	۰/۵۳	۰/۰۲
		cis-6,9,12-octadecatrienoic acid (1)	γ-linolenic acid	۰/٦٦	۰/۰۲
	C20:2	*cis*-11,14-eicosadienoic acid (1)	eicosedienoic acid	۰/۱۲	۰/۰٤
	C20:3	*cis*-5,8,11-eicosatrienoic acid	mead acid	۰/۰۵	۰/۰۱
	C20:4	*cis*-5,8,11,14-eicosatetraenoic acid (1)	arachidonic acid	۰/۰٦	۰/۰۱
	C20:5	*cis*-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid (2)		۰/۱۰	۰/۰۱
	C22:2	*cis*-13,16-docosadienoic acid (1)		۰/۰۵	۰/۰۱
	C22:3	*cis*-13,16,19-docosatrienoic acid (2)		۰/۰۵	۰/۰۱
نتایج		اسیدهای چرب اشباع (SFA)		۵۱/۱٦	۰/۷۱
		اسیدهای چرب دارای یک باند دوگانه (MUFA)		۲۳/٦۵	۰/۳۵
		اسیدهای چرب دارای چند باند دوگانه (PUFA)		٦/۱٦	۰/۲۰
		اسیدهای چرب کل ترانس(TTFA)		۳/۳۱	۰/۰٦
		کل اسیدهای چرب		۸۰/۹۷	۱/۲٦

(۱) اسید چرب امگا ٦، (۲) اسید چرب امگا ۳



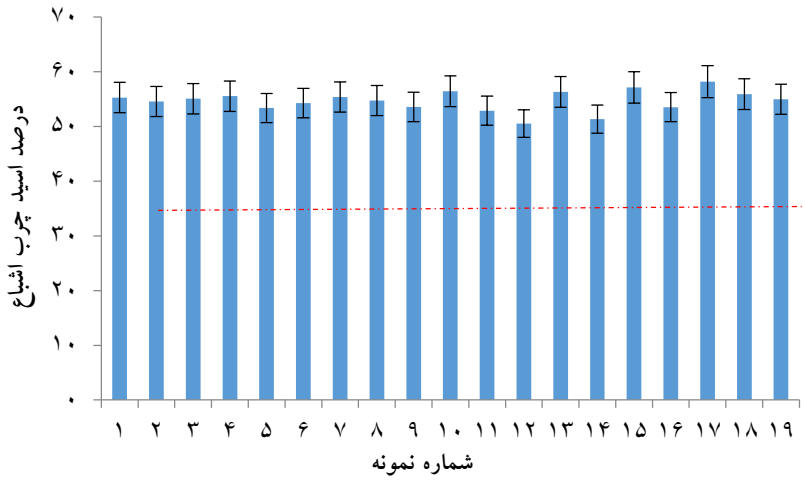
نمودار (۱)- نتایج روغن حیوانی شهرستان سراب، در خصوص اعداد بالای پیک‌ها به جدول (۵) مراجعه شود.

جدول (٦)- فاکتورهای اسید چرب در نمونه‌های روغن حیوانی (انحراف استاندارد ± میانگین)

ردیف	ناحیه	منطقه نمونه‌برداری	MUFA	PUFA	SFA	TFA	TTFA	P:S
۱	شهرستان‌های شمالی	سراب	۲٤/۳۷ ± ۱/۲۲ a	۵/٦۱ ± ۰/۲۸ a	۵۵/۲۹ ± ۲/۷٦ a	۸۵/۲۷ ± ٤/۲٦ a	۳/٤۸ ± ۰/۱۷ c	۰/۱۰
۲		چوار	۲۷/۸۱ ± ۱/۳۹ c	۵/۵۹ ± ۰/۲۸ a	۵٤/۵٦ ± ۲/۷۳ a	۹۰/۱٦ ± ٤/۵۱ c	۳/۰۳ ± ۰/۱۵ a	۰/۱۰
۳		سرابله	۲٦/۸۰ ± ۱/۳٤ c	٤/٦۱ ± ۰/۲۳ a	۵۵/۰٦ ± ۲/۷۵ a	۸٦/٤۷ ± ٤/۳۲ a	۲/٦۳ ± ۰/۱۳ b	۰/۰۸
٤		شباب	۲۵/٤۳ ± ۱/۲۷ a	٤/۵۷ ± ۰/۲۳ a	۵۵/۵۳ ± ۲/۷۸ a	۹۰/۰۲ ± ٤/۵۰ c	۳/۳۷ ± ۰/۱۷ c	۰/۰۸
۵		آسمان آباد	۲۸/۱۰ ± ۱/٤۱ c	٤/۸٦ ± ۰/۲٤ a	۵۳/۳۷ ± ۲/٦۷ a	۸٦/۳٤ ± ٤/۳۲ a	۳/۲۰ ± ۰/۱٦ a	۰/۰۹
٦	شهرستان‌های مرکزی	خوران	۲۵/۲۸ ± ۱/۲٦ a	۵/۰٤ ± ۰/۲۵ a	۵٤/۲۷ ± ۲/۷۱ a	۸٤/۵۹ ± ٤/۲۳ a	۳/۱٤ ± ۰/۱٦ a	۰/۰۹
۷		چالانچی	۲۵/۸۰ ± ۱/۲۹ a	۳/۸۱ ± ۰/۱۹ b	۵۵/۳۹ ± ۲/۷۷ a	۸۵/۰۰ ± ٤/۲۵ a	۲/۵۷ ± ۰/۱۳ b	۰/۰۷
۸		میشخاص	۲۵/۵٦ ± ۱/۲۸ a	٤/٤۵ ± ۰/۲۲ a	۵٤/۷٤ ± ۲/۷٤ a	۸٤/۷۵ ± ٤/۲٤ a	۳/۱٤ ± ۰/۱٦ a	۰/۰۸
۹		ملکشاهی	۲٤/٤۱ ± ۱/۲۲ a	۵/۸۳ ± ۰/۲۹ a	۵۳/۵٦ ± ۲/٦۸ a	۸۸/۲۲ ± ٤/٤۱ c	۳/۱۰ ± ۰/۱٦ a	۰/۱۱
۱۰		بدره	۲۵/۳٤ ± ۱/۲۷ a	٦/٦٦ ± ۰/۳۳ a	۵٦/٤٤ ± ۲/۸۲ c	۹۰/۵٤ ± ٤/۵۳ c	۳/۲۳ ± ۰/۱٦ a	۰/۱۲
۱۱		عباس آباد	۲۵/۹۵ ± ۱/۳۰ a	٤/٤۰ ± ۰/۲۲ b	۵۲/۸۹ ± ۲/٦٤ a	۸٦/۲٤ ± ٤/۳۱ a	۲/۷۹ ± ۰/۱٤ a	۰/۰۸
۱۲		هفت چشمه	۲٤/۵۱ ± ۱/۲۳ a	۵/۱۸ ± ۰/۲٦ a	۵۰/۵۱ ± ۲/۵۳ b	۸۰/۱۹ ± ٤/۰۱ b	۲/۸٤ ± ۰/۱٤ a	۰/۱۰
۱۳	شهرستان های جنوبی	سراب میمه	۲٤/٦۹ ± ۱/۲۳ a	۷/۱٦ ± ۰/۳٦ c	۵٦/۳۳ ± ۲/۸۲ c	۸٤/۰۰ ± ٤/۲۰ a	۲/۷٦ ± ۰/۱٤ a	۰/۱۳
۱٤		مورموری	۲۲/۸۷ ± ۱/۱٤ a	۷/۰۹ ± ۰/۳۵ c	۵۱/۳٤ ± ۲/۵۷ b	۸۱/۳۰ ± ٤/۰۷ b	۳/۰٤ ± ۰/۱۵ a	۰/۱٤
۱۵		دره شهر	۲۳/۲۷ ± ۱/۱٦ a	۷/۵۲ ± ۰/۳۸ c	۵۷/۱٤ ± ۲/۸٦ c	۸۱/۹۳ ± ٤/۱۰ b	۳/۰۳ ± ۰/۱۵ a	۰/۱۳
۱٦		آبدانان	۲۱/۰۰ ± ۱/۰۵ b	۷/۱۲ ± ۰/۳٦ c	۵۳/۵۳ ± ۲/٦۸ a	۸٤/۷٦ ± ٤/۲٤ a	۲/۸۰ ± ۰/۱٤ a	۰/۱۳
۱۷		دهلران	۲۰/۹۳ ± ۱/۰۵ b	۷/۳۳ ± ۰/۳۷ c	۵۸/۱۸ ± ۲/۹۱ c	۸٦/٤٤ ± ٤/۳۲ a	۳/۰۵ ± ۰/۱۵ a	۰/۱۳
۱۸		ماژین	۲٦/۰۲ ± ۱/۳۰ a	٦/۲۷ ± ۰/۳۱ a	۵۵/۹۲ ± ۲/۸۰ a	۸۵/۲۱ ± ٤/۲٦ a	۲/۷۳ ± ۰/۱٤ a	۰/۱۱
۱۹		زنجیره	۲۱/۸۸ ± ۱/۰۹ b	۷/۰۱ ± ۰/۳۵ c	۵٤/۹۸ ± ۲/۷۵ a	۸۱/۹۵ ± ٤/۱۰ b	۳/۱۱ ± ۰/۱٦ a	۰/۱۳

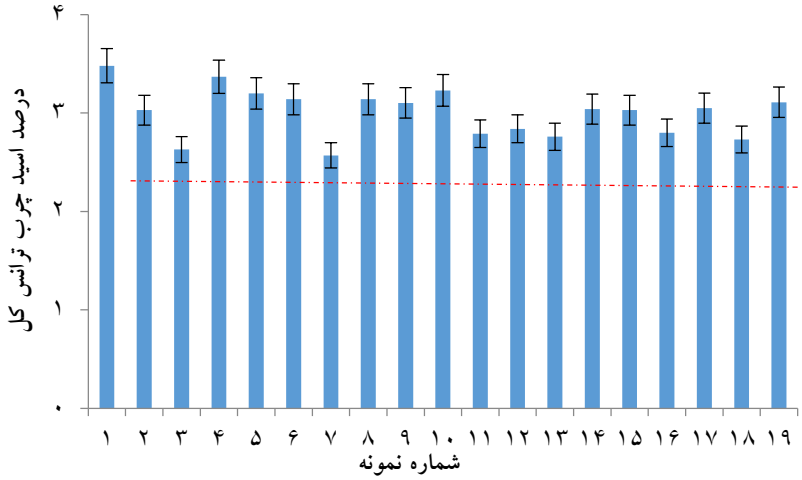
MUFA: مجموع اسید چرب اشباع‌نشده با یک باند دوگانه، PUFA: مجموع اسید چرب اشباع‌نشده، TFA: مجموع اسید چرب ترانس، SFA: مجموع اسید چرب اشباع‌شده، TFA: مجموع اسید چرب، P:S: PUFA/SFA

در نمودار (۲)، درصد اسیدهای چرب شهرستان‌های استان در نواحی مختلف باهم مقایسه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین درصد اسیدهای چرب شهرستان‌های استان در ناحیه‌های مختلف (مرکزی، شمالی و جنوبی) باهم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و با میانگین کل ٥٤/٦٩ درصد، بیانگر درصد بالای این نوع اسید چرب در همه روغن‌های حیوانی استان می‌باشد. در مطالعات گذشته نشان داده‌شده است دما اثر کمی بر اکسیداسیون اکسیژن یگانه داشته اما اثر معنی‌داری روی اکسیداسیون اکسیژن سه‌گانه دارد که انرژی فعال‌سازی بالایی را برای واکنش می‌طلبد، در اکسیداسیون با اکسید سه‌گانه PUFA مستعدتر از MUFA هستند.



نمودار (۲)- درصد اسید چرب اشباع در نمونه‌های روغن حیوانی استان ایلام

در بررسی دیگر، درصد اسید چرب ترانس روغن‌ها باهم مقایسه شده است. همان‌طور که در نمودار (۳) نشان داده‌شده است، میزان درصد اسید چرب ترانس کلیه نمونه‌های روغن‌های حیوانی از درصد مجاز استاندارد بالاتر می‌باشد.



نمودار (۳)- درصد اسید چرب ترانس کل در نمونه‌های روغن حیوانی استان ایلام

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق به‌طور گسترده به مطالعه اندیس فیزیکی - شیمیایی، میزان فلزات سنگین و پروفایل اسید چرب در روغن‌های حیوانی پرداخته شد. بررسی مقدار اندیس اسیدیته روغن‌های حیوانی مناطق مختلف استان ایلام نشان می‌دهد که کلیه نمونه‌ها کمتر از حد بحرانی قرار داشتند. مطابق جدول (۳)، در این تحقیق شهرستان‌های خوران و شباب به‌ترتیب بیشترین و کمترین اندیس اسیدیته را نسبت به دیگر شهرستان‌های استان داشتند. از طرفی میانگین درصد اندیس اسیدیته مناطق مرکزی از مناطق جنوبی و شمالی اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد ($p<۰/۰۱$).

بررسی مقدار اندیس پراکسید روغن‌های حیوانی مناطق مختلف استان ایلام نشان داد اندیس پراکسید کلیه نمونه‌ها کمتر از حداکثر مجاز قرار داشت و مطابق جدول (۳)، دره شهر و آسمان‌آباد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار اندیس پراکسید را نشان دادند. میانگین اندیس پراکسید مناطق جنوبی نسبت به مناطق شمالی و مرکزی بالاتر می‌باشد. افزایش درجه حرارت مهم‌ترین عامل مؤثر بر سرعت اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد. درنتیجه می‌توان گفت در روغن‌های حیوانی مناطق جنوبی استان به‌علت دمای بالا و نگهداری روغن به روش سنتی که اغلب در خیک می‌باشد بیشتر از مناطق مرکزی و شمالی تحت تأثیر عوامل اکسیداسیون قرارگرفته و درنتیجه دارای اندیس پراکسید بیشتر خواهند بود.

بررسی مقدار اندیس یدی روغن‌های حیوانی مناطق مختلف استان ایلام نشان داد که کلیه نمونه‌ها در دامنه استاندارد قرار داشتند. مطابق جدول (۳)، بیشترین و کمترین مقدار اندیس یدی در روغن حیوانی به‌ترتیب شهرستان‌های ماژین و چالانچی به خود اختصاص داده‌اند. از طرفی میانگین اندیس یدی مناطق شمالی (۳۳/۵۸) با میانگین اندیس یدی مناطق جنوبی (۳۳/۳۶) و مرکزی (۳۳/۳۶) تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

بر طبق جدول (۳)، بیشترین و کمترین مقدار عدد صابونی در روغن حیوانی به‌ترتیب شهرستان‌های دهلران

و آسمان‌آباد به خود اختصاص داده‌اند. ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری بین نتایج میانگین سه ناحیه مشاهده نمی‌شود (Lin *et al.*, 2005).

مقایسه فلزات سنگین موجود در روغن‌های حیوانی شهرستان‌های شمالی، جنوبی و مرکزی این استان نشان می‌دهد نحوه تغییرات فلزات سنگین همسو بوده و میزان این عناصر در مناطق جنوبی بیش از مناطق شمالی و مرکزی می‌باشد. همان‌طور که از جدول (٤) مشهود است، بین میزان فلز مس در شهرستان‌های مختلف استان ایلام تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین میزان فلز مس به‌ترتیب به شهرستان‌های دره شهر، سراب میمه و ماژین از شهرستان‌های جنوبی استان تعلق گرفت و کمترین میزان مس در روغن حیوانی در شهرستان‌های شمالی و مرکزی مشاهده شد. اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بین میانگین میزان مس در شهرستان‌های جنوبی استان نسبت به شهرستان‌های شمالی و مرکزی دیده می‌شود. از طرفی بین نتایج شهرستان‌های شمالی و مرکزی اختلاف معنی‌داری در میزان مس مشاهده نشد. نتایج حاصله در خصوص فلزات سنگین کروم و کبالت رفتار مشابهی را در تقسیم‌بندی ارائه‌شده نشان می‌دهد. این تغییرات به نحوی می‌تواند ناشی از شرایط اقلیمی، بکر بودن منطقه و خوراک دام باشد که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم می‌تواند بر سطح فلزات سنگین موجود در روغن‌های حیوانی به‌دست‌آمده تأثیرگذار باشد. نتایج آزمایش حاضر درزمینه بررسی فلزات سنگین در روغن‌های حیوانی با برخی از تحقیقات مشابه در این زمینه مطابقت دارد (Hua *et al.*, 2008, Rezayati-Zad *et al.*, 2018, Kamari and Taheri, 2018, Jalilian and Taheri, 2018).

میزان این فلزات در کلیه نمونه‌های کمتر از بیشینه مجاز توصیه‌شده استاندارد ملی است (ISIRI, 12968/2013). میانگین درصد اسیدهای چرب شهرستان‌های استان (٥٤/٦٩ درصد) در نواحی مختلف باهم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. مقایسه اسیدهای چرب غیراشباع نشان داد مناطق جنوبی استان دارای اسید چرب غیراشباع PUFA بیشتری و MUFA کمتری نسبت به مناطق شمالی و مرکزی استان می‌باشند (Salimon *et al.*, 2017). میزان درصد اسید چرب ترانس کلیه نمونه‌های روغن‌های حیوانی از درصد مجاز استاندارد بالاتر می‌باشد. با بررسی اندیس‌های فیزیکی-شیمیایی، میزان فلزات سنگین و فاکتورهای اسید چرب نمونه‌های روغن حیوانی استان ایلام، مصرف روغن حیوانی به‌عنوان روغن جایگزین در مصارف روزانه توصیه نمی‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال به خاطر فراهم کردن امکانات اجرای این تحقیق قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای اعلام دارند.

منابع

- Al-khalifah, A. and Al-kahtani, H. (1993). Composition of ghee (Samn Barri's) from cow's and sheep's milk. Food Chemistry, 46(4): 373-375.
- Alisher, K.K., Khamza, T.S. and Ikbol, Y.S. (2019). Quantum-chemical study of geometric and energy characteristics of some bases of shiff gossipol. Progress in Chemical and Biochemical Research, 2(1): 1-5.
- Blasi, F., Montesano, D., De angelis, M., Maurizi, A., Ventura, F., Cossignani, L., Simonetti, M. and Damiani, P. (2008). Results of stereospecific analysis of triacylglycerol fraction from donkey, cow, ewe, goat and buffalo milk. Journal of Food Composition and Analysis, 21(1): 1-7.
- Brown, S.A., Morrisett, J.D., Boerwinkle, E., Hutchinson, R. and Patsch, W. (1993). The relation of lipoprotein [a] concentrations and apolipoprotein [a] phenotypes with asymptomatic atherosclerosis in subjects of the atherosclerosis risk in communities (ARIC) Study. Arteriosclerosis and Thrombosis: A Journal of Vascular Biology, 13(11): 1558-1566.
- Brühl, L. (1997). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society, Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats and Waxes, Section I. Ed. The AOCS Methods Editor and the AOCS Technical Department. 54 pages. AOCS Press, Champaign, Lipid / Fett, 99, pp: 197-197.
- Dashti, N., Feng, Q., Freeman, M.R., Gandhi, M. and Franklin, F.A. (2002). Trans polyunsaturated fatty acids have more adverse effects than saturated fatty acids on the concentration and composition of lipoproteins secreted by human hepatoma HepG2 cells. The Journal of Nutrition, 132(9): 2651-2659.
- Dini, T.M. and Carapetian, Z. (2008). An investigation of physical and chemical characteristics of seed in ten sesame (*Sesamum indicum* L.) vareities. Iranian Journal of Biology, 20(4): 327-33.
- Filazi, A., Baskaya, R., Kum, C. and Hismiogullari, S.E. (2003). Metal concentrations in tissues of the Black Sea fish Mugil auratus from Sinop-Icliman, Turkey. Human & Experimental Toxicology, 22(2): 85-87.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. Journal of Biological Chemistry, 226(1): 497-509.
- Hua, T., Chunyi, L., Chaohe, Y. and Honghong, S. (2008). Alternative processing technology for converting vegetable oils and animal fats to clean fuels and light olefins. Chinese Journal of Chemical Engineering, 16(3): 394-400.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2014). Animal and Vegetable Oils and Fats –Crude Corn Oil -Specifications and Test methods. 1st revision, ISIRI No. 8634. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2014) Animal and Vegetable Oils and Fats –Crude Sunflower Oil -Specifications and Test methods. 1st revision, ISIRI No. 10086. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2016) Animal and vegetable fats and oils - Determination of acid value and acidity -Test method. 2ed revision, ISIRI No. 4886. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2005) Pasteurized butter Specification and test method. 6ed revision, ISIRI No. 162. [In Persian]
- Itodo, A.U., Itodo, O.M., Iornumbe, E. and Fayomi, M.O. (2019). Sorptive chelation of metals by inorganic functionalized organic WOx–EDA nanowires: adsorbent characterization and isotherm studies. Progress in Chemical and Biochemical Research, 1(1): 50-59.
- Jalilian, R. and Taheri, A. (2018). Synthesis and application of a novel core-shell-shell magnetic ion imprinted polymer as a selective adsorbent of trace amounts of silver ions. e-Polymers, 18(2): 123-134.
- Kamari, K. and Taheri, A. (2018). Preparation and evaluation of magnetic core–shell mesoporous molecularly imprinted polymers for selective adsorption of amitriptyline in biological samples. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 86: 230-239.

- Lin, Q., Song, Y., Su, D., Chen, R. and Chen, W. (2005). Study on characteristic indexes of fatty acids in fish oil for feeds. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 20(2): 128-132.
- Matthan, N.R., Welty, F.K., Barrett, P.H.R., Harausz, C,. Dolnikowski, G.G., Parks, J.S., et al. (2004). Dietary hydrogenated fat increases high-density lipoprotein apoA-I catabolism and decreases low-density lipoprotein apob-100 catabolism in hypercholesterolemic women. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 24(6): 1092-1097.
- Micha, R. and Mozaffarian, D. (2010). Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. Lipids, 45(10): 893-905.
- Mohammadi, S., Taheri, A. & Rezayati-zad, Z. (2018). Ultrasensitive and selective non-enzymatic glucose detection based on pt electrode modified by carbon nanotubes@ graphene oxide/ nickel hydroxide-Nafion hybrid composite in alkaline media. Progress in Chemical and Biochemical Research, 1(1): 1-10.
- Motevalli, S.M. and Mirzajani, F. (2019). Biotic/Abiotic Stress Influences on Human Epidermal Keratinocyte Cells. Progress in Chemical and Biochemical Research, 2(1): 53-58.
- Rezayati-zad, Z., Davarani, S.S.H., Taheri, A. and Bide, Y. (2018). A yolk shell Fe3O4@PA-Ni@Pd/Chitosan nanocomposite -modified carbon ionic liquid electrode as a new sensor for the sensitive determination of fluconazole in pharmaceutical preparations and biological fluids. Journal of Molecular Liquids, 253: 233-240.
- Rosenfeld, J. (2002). Application of analytical derivatizations to the quantitative and qualitative determination of fatty acids. Analytica Chimica Acta, 465(1-2): 93-100.
- Sağdıç, O., Dönmez, M. and Demirci, M. (2004). Comparison of characteristics and fatty acid profiles of traditional Turkish yayik butters produced from goats', ewes' or cows' milk. Food Control, 15(6): 485-490.
- Salimon, J., Omar, T.A. and Salih, N. (2017). An accurate and reliable method for identification and quantification of fatty acids and trans fatty acids in food fats samples using gas chromatography. Arabian Journal of Chemistry, 10: S1875-S1882.
- Silvestre, C.I., Santos, J.L., Lima, J.L. and Zagatto, E.A. (2009). Liquid–liquid extraction in flow analysis: a critical review. Analytica chimica acta, 652(1-2): 54-65.
- Society, A.O.C. and Firestone, D. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), (1994). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, Vol. 5, pp: 2–93.
- Soyeurt, H. and Gengler, N. (2008). Genetic variability of fatty acids in bovine milk. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 12(2): 203-210.
- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K. and Sutton, D.J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. Molecular, Clinical and Environmental Toxicolog, 133-164.
- Tricon, S. and Yaqoob, P. (2006). Conjugated linoleic acid and human health: a critical evaluation of the evidence. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 9(2): 101: 105-110.
- Turan, S., Topcu, A., Karabulut, I., Vural, H. and Hayaloglu, A.A. (2007). Fatty acid, triacylglycerol, phytosterol, and tocopherol variations in kernel oil of Malatya apricots from Turkey. Journal of agricultural and food chemistry, 55(26): 10787-10794.
- Van ruth, S., Villegas, B., Akkermans, W., Rozijn, M., Van der kamp, H. and Koot, A. (2010). Prediction of the identity of fats and oils by their fatty acid, triacylglycerol and volatile compositions using PLS-DA. Food Chemistry, 118(4): 948-955.
- Willett, W. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease-epidemiological data. Atherosclerosis Supplements, 7(2): 5-8.
- Woodside, J.V., Mckinley, M.C. and Young, I.S. (2008). Saturated and trans fatty acids and coronary heart disease. Current Atherosclerosis Reports, 10(6): 460-466.