



جزء به جزء سازی دو مرحله ای چربی دنبه گوسفندی و شتر مرغ به روش خشک و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی اجزای آن

مریم عبداللهی^۱، سید امیر حسین گلی^{۲*}، نفیسه سلطانی زاده^۳

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۱۳

کلمات کلیدی:

چربی دنبه گوسفندی،

چربی شتر مرغ،

جزء به جزء سازی،

ترکیب اسید چرب

DOI: 10.22034/FSCT.20.145.35

* مسئول مکاتبات:

amirgoli@cc.iut.ac.ir

در کشور ایران ظرفیت زیادی برای تولید چربی حیوانی وجود دارد که کمتر در تولید محصولات غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه، چربی حاصل از بافت دنبه گوسفندی و بافت شکمی شتر مرغ به عنوان ضایعات حاصل از کشتارگاه مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، در مرحله اول چربی به روش حرارت دهی مرطوب استخراج شد و ترکیب شیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله دوم، چربی به روش جزء به جزء سازی خشک به دو بخش استئارین و اولئین تقسیم شد و سپس جزء اولئین مجدداً با این روش به دو بخش استئارین نرم و سوپر اولئین جداسازی و ترکیب اسید چرب و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن ها اندازه گیری شد. بافت دنبه و شتر مرغ به ترتیب حاوی ۱۰/۶۶٪ و ۵/۱۸٪ رطوبت، ۴/۱۰٪ و ۴/۲۹٪ پروتئین، ۰/۲۶٪ و ۰/۶۲٪ خاکستر و ۸۴/۹۳٪ و ۸۸/۳۵٪ چربی بودند و راندمان استخراج چربی از این بافت ها به ترتیب ۴۴/۱٪ و ۷۰/۸٪ بدست آمد. نتایج کروماتوگرافی گازی نشان داد اسیدهای اولئیک، پالمیتیک و استئاریک اسیدهای چرب اصلی تشکیل دهنده چربی دنبه و اسیدهای اولئیک، پالمیتیک، پالمیتولئیک و لینولئیک اسیدهای چرب غالب در ساختار چربی شتر مرغ بودند. پس از فرایند جزء به جزء سازی با افزایش محتوای اولئیک اسید در بخش های اولئین و سوپر اولئین در هر دو نوع چربی، مقادیر عدد یدی و ضریب شکست افزایش و خصوصیات نقطه ذوب و شاخص L^* کاهش یافت. عدد پراکسید چربی دنبه ۱/۵۴ میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن بود و فرایند جزء به جزء سازی اثر معناداری بر آن نداشت، اگرچه عدد پراکسید چربی شتر مرغ پس از فرایند جزء به جزء سازی به طور چشمگیری افزایش یافت. به طور کلی، می توان نتیجه گیری کرد چربی استخراجی به روش حرارت دهی مرطوب از دنبه گوسفندی و شتر مرغ و اجزای آن ها دارای کیفیت قابل قبول برای مصارف خوراکی است و می توان از بخش های استئارین و استئارین نرم این چربی ها به عنوان جایگزین فرایند هیدروژناسیون برای تولید چربی نیمه جامد در محصولات غذایی استفاده کرد.

۱- مقدمه

در فرمولاسیون فرآورده‌های غذایی بر پایه چربی مانند کره، مارگارین، شورتینگ، پخشینه‌ها، شکلات، بستنی و شیرینی جهت تامین احساس دهانی مطلوب، قابلیت پخش، ایجاد عطر و طعم و خصوصیات شبه جامد و رئولوژیک مناسب از چربی‌های جامد استفاده می‌شود. بخش عمده‌ای از این چربی از طریق فرایند هیدروژناسیون روغن تولید می‌شود که اثرات سویی بر سلامت مصرف کننده از جمله افزایش احتمال بروز بیماری‌های قلبی و عروقی و شیوع بیماری‌های مزمن مانند چاقی، دیابت نوع دوم و ناراحتی‌های گوارشی دارد. یکی دیگر از روش‌های مورد استفاده به منظور تهیه چربی جامد، فرایند جزء به جزء کردن چربی‌های طبیعی و تولید اجزاء مختلف با ویژگی‌های متفاوتی است که می‌تواند در صنایع غذایی و در محصولات متنوعی کاربرد داشته باشد. یکی از منابع چربی در دسترس، نسبتاً ارزان قیمت و داخلی که البته ضایعات کشتارگاه نیز می‌باشد، چربی‌های حیوانی از جمله پیه گاو، چربی دنبه گوسفندی و چربی شتر مرغ است. در کشور ایران ظرفیت زیادی برای تولید چربی حیوانی وجود دارد که البته میزان کمی از آن در صنایع غذایی استفاده می‌شود. بنابراین، بررسی امکان استفاده از این منابع چربی در صنایع غذایی بسیار مهم است [۱-۴].

می‌توان گفت که در ایران، چربی دنبه گوسفندی با کشتار بیش از ۱۰ میلیون گوسفند در سال و تولید ۵۰۰۰۰ تن بافت دنبه، عمده‌ترین چربی حیوانی تولیدی بوده و بنابراین، بررسی ویژگی‌های این چربی و اجزای آن به عنوان جایگزینی برای چربی‌های کاملاً اشباع و دارای ترانس ضروری است [۵]. چربی دنبه که حدود ۲۰-۱۵ درصد وزن لاشه را به خود اختصاص می‌دهد، بیشترین کیفیت

تغذیه‌ای را از لحاظ ترکیب اسیدهای چرب در میان انواع چربی‌های ذخیره شده در بدن گوسفند دارا می‌باشد [۵-۷]. قسمت اعظم اسیدهای چرب چربی دنبه را اسید اولئیک (۴۰ درصد) تشکیل می‌دهد و پس از آن اسیدهای پالمیتیک (۲۶ درصد) و استئاریک (۱۳ درصد) قرار دارند [۵]. این چربی سرشار از ویتامین‌های محلول در چربی و لینولئیک اسید مزدوج است که برای سلامتی مفید می‌باشد [۸، ۹]. هپتادکانوئیک اسید (C17:0)، که به عنوان مارگاریک اسید نیز شناخته می‌شود، یک اسید چرب اشباع فرد زنجیر در چربی نشخوارکنندگان است که در چربی دنبه نیز یافت می‌شود. مطالعات نشان داده اند که مصرف این اسید چرب با بروز بیماری عروق کرونری قلب، دیابت نوع ۲ و مولتیپل اسکلروزیس^۱ ارتباط معکوس دارد. همچنین چربی دنبه گوسفندی به عنوان یک لیپید غذایی غنی از مارگاریک اسید می‌تواند با ترویج تولید گونه‌های اکسیژن فعال ترمیم سلول‌های سرطانی را مهار کند [۱۰]. چربی دنبه گوسفندی ممکن است با نسبت‌های معینی در تولید محصولات غذایی به منظور بهبود عطر و طعم به کاربرده شود. در مطالعه‌ای بر روی تاثیر استفاده از چربی‌های حیوانی مختلف و ترکیب آن‌ها (چربی بین عضلانی گوشت گاو، چربی کلیه گاو، چربی دنبه گوسفندی و ترکیب آن‌ها) بر روی کاورما^۲ (یک محصول گوشتی پخته نشده سنتی ترکی)، نتایج نشان داد که استفاده از چربی دنبه گوسفندی نسبت اسیدهای چرب غیراشباع را افزایش داد (۵۷/۷ درصد)، اما بر خصوصیات حسی محصول (ظاهر کلی، طعم و بو، رنگ و پذیرش کلی محصول نهایی) تأثیر منفی گذاشت. با توجه به نتایج، آن‌ها توصیه کردند که چربی دنبه گوسفندی

¹ - Multiple sclerosis

² - Kavrma

نباید بیش از ۳۰ درصد در تولید کاورما استفاده شود [۱۱].

شترمرغ (*Struthio camelus*) پرنده‌ای بزرگ، بدون توانایی پرواز، بومی مراتع و صحرای آفریقا و سازگار برای زندگی در مناطق خشک است [۱۲]، [۱۳]. چربی این پرنده که حدود ۱۵ درصد وزن لاشه را به خود اختصاص می‌دهد، در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و غذایی استفاده شده است [۱۲، ۱۴، ۱۵]. چربی شترمرغ حاوی ۳۵ درصد اسیدهای چرب اشباع، ۳۸ درصد اسیدهای چرب تک غیراشباع و ۲۷ درصد اسیدهای چرب چند غیر اشباع است و اسیدهای اولئیک، پالمیک و لینولئیک اسیدهای چرب غالب این چربی هستند [۱۴]. مقدار زیاد اسیدهای چرب چند غیراشباع در روغن شترمرغ می‌تواند تامین کننده اسیدهای چرب ضروری برای انسان باشد، ضمن اینکه این چربی حاوی ترکیبات مختلفی مانند کاروتنوئیدها، توکوفرول و فلاون‌ها نیز می‌باشد که دارای فواید درمانی هستند. علاوه بر این، خواص متعددی برای چربی شترمرغ مانند فعالیت ضد باکتریایی، فعالیت ضد التهابی و محافظت از پوست، کمک به تولید فسفولیپیدهای ضروری، حفظ غشای سلولی و توسعه نورون‌ها، مغز و سیستم‌های عصبی گزارش شده است [۱۶، ۱۷]. قانعی (۲۰۲۰)، ترکیب اسید چرب و پایداری اکسیداتیو چربی شترمرغ را به عنوان یک منبع غذایی جدید در مقایسه با روغن زیتون بررسی و بیان کرد چربی شترمرغ به علت داشتن غیراشباعیت کمتر نسبت به روغن زیتون مقاومت اکسیداتیو بیشتری پس از ۳۲ ساعت فرایند حرارتی در ۱۷۰ درجه سلسیوس نشان داد و مقادیر کمی اسید چرب ترانس در این چربی (۰/۲۲ درصد) در مقایسه با روغن زیتون (۰/۶۰ درصد) تولید شد [۱۸].

جزء به جزء سازی یکی از فرایندهای مهم و متنوع اصلاح روغن و یا چربی جهت بهبود کیفیت چربی‌ها و روغن‌های خوراکی به شمار می‌آید. در این فرایند چربی و یا روغن به اجزا مختلفی با نقطه ذوب متفاوت تبدیل می‌شوند که این اجزا می‌تواند در تهیه محصولاتمانند مارگارین، شورتینگ، روغن سالاد، روغن سرخ کردنی و غیره استفاده شود [۱۹]. در جزء به جزء سازی خشک نیازی به استفاده از مواد شیمیایی نیست و هزینه کم و انجام آسان این فرایند موجب محبوبیت این روش در صنایع غذایی شده است. هو و همکاران (۲۰۲۰) تاثیر جزء به جزء سازی خشک دو مرحله‌ای در دماهای ۳۰ و ۲۵ درجه سلسیوس را بر خواص شیمیایی و فیزیکی چربی دنبه گوسفند با هدف افزایش کاربرد آن بررسی کردند. آن‌ها بیان کردند نمونه‌های استئارین دارای ساختار کریستالی عمدتاً β' و محتوای چربی جامد بیشتری نسبت به نمونه‌های اولئین بود و در نتیجه، بخش استئارین می‌تواند برای تهیه شورتینگ استفاده شود [۸]. در تحقیق دیگری، بوسانی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که مخلوط کردن بخش اولئین چربی شترمرغ (حاصل از جزء به جزء سازی خشک) با روغن آفتابگردان باعث افزایش پایداری و در نتیجه بهبود کیفیت روغن آفتابگردان در طی فرایند سرخ کردن می‌شود [۱۳]. اخیراً، در مطالعه‌ای از استئارین چربی شترمرغ تولید شده به روش جزء به جزء سازی خشک در تولید بیسکویت به منظور جایگزینی با مارگارین یا روغن هیدروژنه در نسبت‌های (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) استفاده شد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که ویژگی‌های بیسکویت با کاربرد استئارین چربی شترمرغ بهبود یافته است [۲۰].

با توجه به مطالعات انجام شده، هدف از این تحقیق استخراج چربی دنبه گوسفندی و شترمرغ از بافت‌های حیوانی و تولید اجزای متنوع از آنها (با هدف

افزایش کاربرد این نوع چربی در صنعت غذا) بود. بدین منظور فرایند جزء به جزء سازی خشک در دو مرحله انجام شد و خصوصیات فیزیکوشیمیایی اجزای تولیدی تعیین و با یکدیگر مقایسه شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

دنبه گوسفندی از بازار محلی تهیه شد. بافت شکمی شتر مرغ از شرکت رئال گستر آریانا (اصفهان، ایران) تهیه شد. سایر مواد شیمیایی از شرکت مرک (آلمان) و سیگما آلد ریچ (آمریکا) با درجه آزمایشگاهی تهیه شدند.

۲-۲- تهیه چربی دنبه گوسفندی و شتر مرغ و تعیین خصوصیات آن

برای استخراج چربی از دنبه گوسفندی و بافت های شکمی شتر مرغ از روش حرارت دهی مرطوب استفاده شد. ابتدا باقی مانده گوشت و اضافات دیگر از بافت های چربی جداسازی و نمونه ها در ابعاد ۱×۱ سانتی متر مربع خرد شد. سپس، نمونه ها به دمای ۲۰- درجه سلسیوس منتقل شد. در مرحله بعدی، وزن مشخصی از نمونه ها به درون شات

منتقل و به نسبت ۱:۲ آب مقطر به درون شات افزوده شد (شکل ۱-الف). شات حاوی آب و نمونه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس در اتوکلاو (اکوتک مدل 94 CLAVE، ایران) تحت حرارت قرار گرفت. پس از اتوکلاو (شکل ۱-ب)، مخلوط حاصل ابتدا از یک پارچه صافی منفذ دار با ابعاد ۱×۱ سانتی متر عبور داده شد تا ذرات درشت باقی مانده جدا شود (شکل ۱-ج). در ادامه، فاز بالایی (حاوی روغن و ذرات معلق) از یک پارچه صافی دیگر با منافذ بسیار ریز عبور داده شد تا مابقی ذرات معلق نیز جدا شوند (شکل ۱-د) و سپس در ۱۰۰۰۰ g به مدت ۱۰ دقیقه عمل سانتریفیوژ (سیگما مدل 6K15، آلمان) انجام شد تا چربی از فاز آبی باقی مانده جدا شود. چربی بدست آمده به مدت ۱۰ دقیقه تحت خلاء (۲۰ mmHg) حرارت داده شد (دمای ۱۶۰ و ۱۰۰ درجه سلسیوس، به ترتیب برای چربی دنبه و چربی شتر مرغ) تا باقی مانده رطوبت و مواد فرار از آن خارج شود. در پایان چربی حاصل در ظروف پلاستیکی تیره رنگ قرار گرفته و به دمای ۵ درجه سلسیوس انتقال داده شد [۲۱، ۲۲].

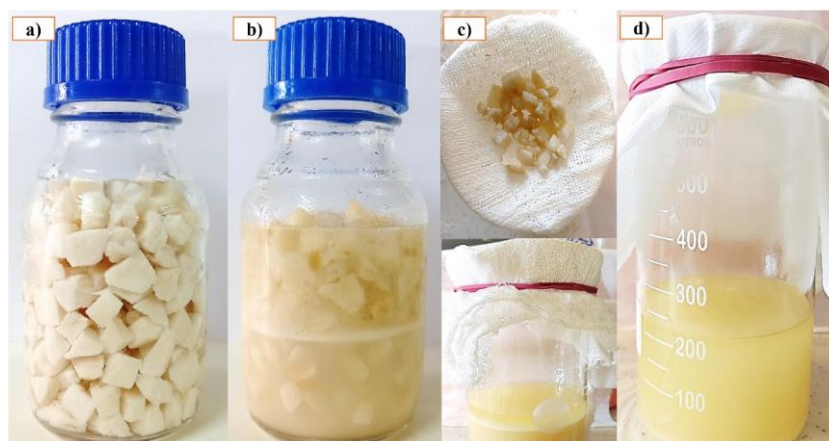


Figure 1- Fat extraction steps: a) Chopped tissue immersed in water before and b) after wet rendering; c and d) fat separation steps.

راندمان استخراج چربی (%) توسط معادله زیر محاسبه شد [۲۱]:

۲-۲-۱- راندمان استخراج چربی

نقطه ذوب چربی دنبه ۳۸/۵ درجه سلسیوس و چربی شترمرغ ۳۵ درجه سلسیوس انتخاب شدند) و نمونه‌ها به مدت ۲۰ ساعت در دمای مذکور نگهداری شدند تا شبکه کریستالی به طور کامل تشکیل شود (شکل ۲-ب). پس از آن اجزای اولئین و استئارین با استفاده از سانتریفیوژ در ۱۰۰۰۰ g، به مدت ۱۰ دقیقه از یکدیگر جدا شدند (شکل ۲-ج). مایع رویی حاوی تری‌گلیسریدهای با نقطه ذوب کم به عنوان جزء اولئین نام‌گذاری شد و رسوب زیرین شامل تری‌گلیسریدهای با نقطه ذوب زیاد به عنوان جزء استئارین جدا شد. در ادامه، اولئین حاصل در مرحله دوم مجدداً تحت فرایند جزءبه‌جزء‌سازی خشک قرار گرفت. بدین منظور اولئین در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه ذوب شد و تا رسیدن به دمای ۳۰ و ۲۵ درجه سلسیوس، به ترتیب برای چربی دنبه گوسفندی و چربی شترمرغ، خنک و به مدت ۲۰ ساعت در این دما نگهداری شد تا بطور کامل متبلور شود. جزء سوپر اولئین از استئارین نرم با کمک سانتریفیوژ در ۱۰۰۰۰ g، به مدت ۱۰ دقیقه جدا شد. اجزای حاصل شامل اولئین، استئارین، سوپر اولئین و استئارین نرم در دمای ۵ درجه سلسیوس برای آنالیزهای بعدی نگهداری شدند [۸].

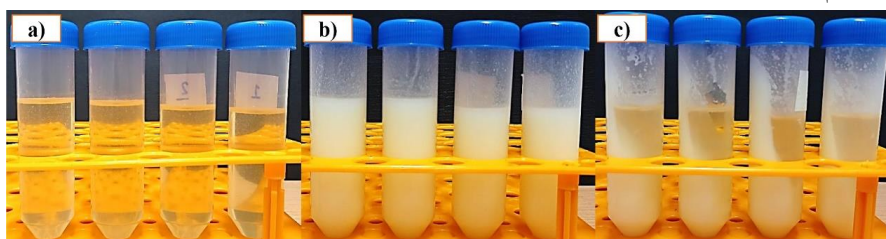


Figure 2- Fat fractionation steps: a) samples heated at 80 °C; b) kept at a specific temperature (35 and 30 °C for sheep tail and ostrich fats, respectively) and c) fractionated sample.

۱۰۰×(وزن چربی قبل از فرایند/وزن جزء اولئین/اولئین نرم یا استئارین/استئارین نرم)=راندمان جزءبه‌جزء‌سازی (%)

۲-۳-۲- ترکیب اسید چرب

۱۰۰×(وزن چربی موجود در بافت/وزن چربی استخراج شده)=راندمان استخراج چربی (%)

۲-۲-۲- ترکیب شیمیایی

مقدار رطوبت بافت حیوانی مطابق با روش AOAC شماره ۹۲۵/۰۹ اندازه‌گیری شد. رطوبت چربی با استفاده از دستگاه کارل-فیشر طبق دستورالعمل AOAC شماره ۲۸/۰۰۳ تعیین شد. اندازه‌گیری محتوای پروتئین بافت حیوانی و چربی به روش میکروکلدال AOAC شماره ۴۶-۱۳ انجام شد. مقدار چربی بافت حیوانی مطابق با روش AOAC شماره ۹۶۰/۳۹ اندازه‌گیری شد. مقدار خاکستر بافت حیوانی و چربی مطابق با روش AOAC شماره ۵-۴۹ Bc تعیین شد [۸، ۱۷].

۲-۳- جزءبه‌جزء‌سازی چربی دنبه گوسفندی و چربی شترمرغ و تعیین خصوصیات آن

چربی خام (حدود ۵۰۰ گرم) به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب (ممرت مدل wb-22، آلمان) ۸۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد تا به طور کامل ذوب شود (شکل ۲-الف). سپس، فرایند سرد کردن نمونه‌های چربی با سرعت ۱۵ درجه سلسیوس در ساعت و تا رسیدن به دمای ۳۵ و ۳۰ درجه سلسیوس، به ترتیب برای چربی دنبه گوسفندی و چربی شترمرغ، انجام شد (این دماها با توجه به

۲-۳-۱- راندمان جزءبه‌جزء‌سازی

راندمان جزءبه‌جزء‌سازی با کمک معادله زیر محاسبه شد [۸]:

اسیدهای چرب موجود در روغن ابتدا با روش متیلاسیون به متیل استر تبدیل و جهت شناسایی به دستگاه کروماتوگرافی گازی (آجیلنت^۳ مدل 7890 A، آمریکا) تزریق شدند. ستون مورد استفاده HP-88 به طول ۱۰۰ متر، قطر ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت فاز ثابت ۰/۲ میکرومتر بود و از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل با جریان ۱/۱ میلی‌لیتر بر دقیقه استفاده شد. برنامه دمایی تعریف شده برای ستون شامل ۱ دقیقه ثابت ماندن در ۱۵۰ درجه سلسیوس، سپس با سرعت ۵ درجه سلسیوس بر دقیقه به دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس رسیده و به مدت ۲ دقیقه نیز در این دما قرار گرفته و پس از آن با سرعت ۵ درجه سلسیوس بر دقیقه به دمای ۲۴۰ درجه سلسیوس رسیده و به مدت ۸ دقیقه در این دما نگهداری شد. حجم تزریق ۱ میکرولیتر در حالت تقسیم کردن^۴ در مقیاس ۱ به ۳۰ انجام شد. شناساگر دستگاه از نوع شناساگر یونیزاسیون شعله (FID)^۵ با دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و دمای تزریق ۱۵۰ درجه سلسیوس بود. بر اساس زمان ایجاد قله، اسید چرب شناسایی شده و سطح زیر قله میزان اسید چرب مورد نظر را نشان داد [۲۱].

۳-۳-۲- عدد اسیدی و اسید چرب آزاد (%)

عدد اسیدی چربی‌ها مطابق با دستورالعمل (۲۸/۰۳۲)

AOAC تعیین شد [۲۲، ۲۳].

۳-۳-۲- عدد پراکسید

عدد پراکسید مطابق با دستورالعمل (Cd 8-53)

AOCS اندازه‌گیری شد [۱۶].

۳-۴-۲- عدد یدی

تعیین عدد یدی مطابق با دستورالعمل (Cd 1-25)

AOCS انجام شد [۱۶].

۳-۴-۲- ضریب شکست

ضریب شکست مطابق با دستورالعمل (Cc 7-25) AOCS تعیین شد [۱۶].

۳-۴-۲- نقطه ذوب

نقطه ذوب به روش قطره‌ای مطابق با دستورالعمل AOCS (Cc 18-80) اندازه‌گیری شد [۸].

۳-۴-۸- رنگ

رنگ نمونه‌ها با دستگاه رنگ سنج (نیپون مدل ZE6000، ژاپن) بر پایه سیستم رنگ L^* ، a^* و b^* اندازه‌گیری شد. در این سیستم شاخص L^* درجه روشنایی (سفیدی یا سیاهی)، شاخص a^* تمایل به قرمز یا سبز بودن و شاخص b^* درجه زرد یا آبی بودن را نشان می‌دهد. شاخص‌های a^* و b^* اگر منفی بود نشان دهنده غالب بودن رنگ سبز و آبی است. نکته قابل توجه این است که باید فاکتورهای L^* ، a^* و b^* بر اساس متوسط نور روز که با D_{65} نشان داده شده و استاندارد می‌باشد، تعیین شود [۲۱].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- راندمان استخراج

راندمان استخراج چربی از بافت دنبه گوسفندی و بافت شتر مرغ با استفاده از روش حرارت‌دهی مرطوب در شکل ۳-الف نشان داده شده است. حرارت‌دهی منجر به دناتوره شدن پروتئین‌ها، کاهش ویسکوزیته چربی و افزایش راندمان استخراج می‌شود. در مطالعه‌ای بر روی استخراج چربی از نوعی ماهی تن، بیان شد حرارت‌دهی مرطوب می‌تواند پیوند روغن با ماتریکس پروتئینی در بافت را تضعیف کرده و به آزاد شدن چربی از بافت کمک کند. استفاده از فرایند حرارت‌دهی مرطوب کاربرد بالقوه‌ای برای استخراج چربی بدون استفاده از مواد سمی دارد و به عنوان یک فرایند سبز شناخته می‌شود [۲۱]. بنابراین، در این مطالعه از روش حرارت‌دهی مرطوب استفاده شد. همانطور

³- Agilent

⁴- Split

⁵- Flame ionization detector

که مشاهده می‌شود، راندمان استخراج چربی از بافت دنبه گوسفندی و بافت شترمرغ به ترتیب ۴۴/۱ و ۷۰/۸ درصد بود که بیانگر عدم استخراج کامل چربی توسط روش حرارت‌دهی مرطوب است. همچنین، راندمان استخراج چربی از بافت شترمرغ بیشتر از بافت دنبه بود که می‌تواند ناشی از ضعیف‌تر بودن ماتریکس شترمرغ نسبت به ماتریکس دنبه و در نتیجه استخراج چربی بیشتر از شبکه بافتی شترمرغ باشد. الهامی‌راد و همکاران (۲۰۱۱) راندمان استخراج چربی از بافت دنبه گوسفندی با استفاده از حرارت‌دهی خشک تحت خلاء (۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت) را ۶۴/۶۶ گزارش کردند [۷]. هو و همکاران (۲۰۲۰) نیز ۶۶/۷ درصد راندمان استخراج چربی را به روش حرارت‌دهی خشک (۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت) به دست آوردند [۸]. پنفایون و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به منظور تهیه چربی شترمرغ از بافت چربی شکمی با استفاده از روش حرارت‌دهی خشک مرسوم و روش حرارت‌دهی جدید (تهیه یک خمیر نرم و استخراج در دمای کمتر از ۵۰ درجه سلسیوس)، راندمان استخراج را به ترتیب ۷۲/۵ و ۶۶/۷ درصد گزارش و بیان کردند

جدا کردن بافت‌های چربی از بافت‌های غیرچربی، حضور رطوبت، گرما، اکسیژن و نور راندمان استخراج چربی و تولید بوی نامطبوع در آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد به طوری که در روش جدید با کاهش دمای فرایند، راندمان استخراج کم شد. به علاوه، به علت استفاده از دمای کمتر، بافت‌های چربی تمیز و بسته‌بندی‌های محافظت شده از نور، شدت رنگ زرد و بوی نامطبوع در چربی حاصل کاهش یافت [۱۶]. همچنین، اشکذری و همکاران (۲۰۲۲) راندمان چربی استخراجی از بافت‌های شکمی، جلوی سینه و قلب شترمرغ را به ترتیب ۶۲/۴۵، ۴۰/۳۵ و ۳۸/۵۸ درصد گزارش کردند [۱۵]. به طور کلی، تفاوت در نوع روش مورد استفاده و مدت زمان حرارت‌دهی می‌تواند دلیلی بر تفاوت در راندمان استخراج باشد. افزایش مدت زمان حرارت‌دهی می‌تواند با تضعیف بیشتر شبکه پروتئینی به خروج راحت‌تر و بیشتر چربی از بافت و افزایش راندمان استخراج کمک کند. با این وجود، با توجه به حضور آب و دمای بالا در محیط حرارت‌دهی مرطوب افزایش مدت زمان استخراج امکان هیدرولیز چربی را افزایش می‌دهد [۲۳].

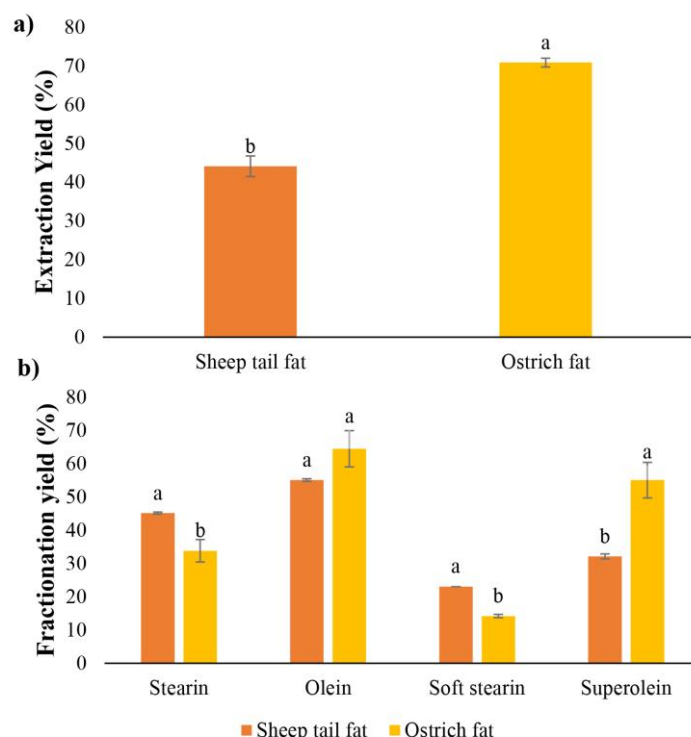


Figure 3- a) Extraction yield of sheep tail and ostrich fats; b) Fractionation yield of sheep tail and ostrich fats. In each parameter small different letters demonstrate significant differences among the treatments ($p < 0.05$).

۲-۳- محتوای شیمیایی بافت حیوانی و چربی آن

جدول ۱ محتوای شیمیایی بافت دنبه گوسفندی و بافت شترمرغ و چربی حاصل از آن‌ها را نشان می‌دهد. بافت دنبه به ترتیب ۸۴/۹۳، ۱۰/۶۶، ۴/۱۰ و ۰/۲۶ درصد چربی، آب، پروتئین و خاکستر داشت. از سوی دیگر، محتوای چربی، آب، پروتئین و خاکستر در بافت شترمرغ به ترتیب ۸۸/۳۵، ۵/۱۸، ۴/۲۹ و ۰/۶۲ درصد تعیین شد. هو و همکاران (۲۰۲۰) نیز درصد چربی، رطوبت، پروتئین و خاکستر در بافت دنبه را به ترتیب ۸۴/۱، ۱۳/۴، ۳/۵ و ۰/۲ درصد به دست آوردند [۸]. همچنین، البعیدهانی و الموسوی (۲۰۱۹) محتوای شیمیایی بافت شترمرغ شامل رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر آن را به ترتیب ۵/۵۶، ۵/۱۶، ۸۷/۸۸ و ۱/۰۳ درصد گزارش کردند. این تفاوت در محتوای شیمیایی بافت می‌تواند ناشی از اثر عوامل مختلفی مانند نژاد مورد بررسی، سن و نوع

رژیم غذایی حیوان باشد [۱۷]. پس از فرایند حرارت‌دهی مرطوب محتوای چربی دنبه به ۹۹/۶۶ درصد افزایش یافت در حالی که محتوای پروتئین به ۰/۳۳ درصد و محتوای رطوبت و خاکستر تا میزان ناچیزی کاهش یافت. به طور مشابه، درصد رطوبت، پروتئین و خاکستر در چربی شترمرغ استخراجی نیز ناچیز به دست آمد. امانی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی چربی شترمرغ، گوشت گاو، بوفالو، گوسفند و مرغ، محتوای رطوبت در چربی شترمرغ و گوسفند را به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۳ درصد گزارش کردند [۱۳]. از این رو، با توجه به مقادیر ناچیز پروتئین، رطوبت و خاکستر و افزایش محتوای چربی در چربی دنبه و شترمرغ به نظر می‌رسد که روش حرارت‌دهی مرطوب در جداسازی ناخالصی‌ها از چربی موفق عمل کرده است؛ اگرچه راندمان استخراج می‌تواند با افزایش مدت زمان فرایند افزایش یابد.

Table 1- Proximate analysis of animal tissues and fats.

Sample	Sheep tail		Ostrich	
	Tissue	Fat	Tissue	Fat
Moisture (%)	10.66±0.57	Trace	5.18±0.02	Trace
Protein (%)	4.10±0.16 ^a	0.33±0.00 ^b	4.29±0.00	Trace
Ash (%)	0.26±0.02	Trace	0.62±0.00	Trace
Fat (%)	84.93±1.07 ^b	99.66±0.00 ^a	88.35±0.87 ^b	100.00±0.00 ^a

Different letters demonstrate significant differences between tissue and fat in each animal source ($p < 0.05$).

۳-۳- راندمان جزء به جزء سازی

[۷]. در روش جزء به جزء کردن خشک حضور

کریستال‌های درشت به افزایش راندمان جداسازی کمک می‌کند. البته این کریستال‌ها می‌توانند مقداری از فاز مایع اولئین را در خود به دام بیندازند که منجر به افزایش مقدار جزء جامد و تولید استئارین نرم می‌شود. از سویی دیگر، حضور حلال در روش جزء به جزء کردن با حلال کمک می‌کند تا کریستال‌های جامد به طور کارآمدتر و خالص‌تری از بخش اولئین جدا شده و در نتیجه راندمان جداسازی استئارین کمتر شده ولی محصول نهایی اشباع‌تر و با نقطه ذوب بیشتر خواهد بود.

۳-۴- ترکیب اسید چرب

به منظور شناسایی ترکیب اسیدهای چرب چربی دنبه گوسفندی، چربی شترمرغ و بخش‌های جداسازی شده از آن‌ها (استئارین، استئارین نرم، اولئین و سوپر اولئین) نمونه‌های چربی متیله شده به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، اولئیک اسید (۴۱/۸ درصد)، پالمیتیک اسید (۲۶/۸ درصد) و استئاریک اسید (۱۱/۹ درصد) اسیدهای چرب غالب تشکیل دهنده چربی دنبه هستند. همچنین، میریستیک اسید (۶/۴ درصد)، پالمیتولئیک اسید (۳/۸ درصد)، مارگاریک اسید (۲/۶ درصد)، لینولئیک اسید (۲/۲ درصد) و لینولئیک اسید (۱/۶ درصد) از دیگر اسیدهای چرب

شکل ۳-ب اثر نوع چربی بر راندمان جزء به جزء سازی را نمایش می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، راندمان جزء به جزء سازی استئارین در چربی دنبه (۴۵/۱ درصد) به طور معناداری بیشتر از چربی شترمرغ (۳۳/۸ درصد) بود. میزان بخش اولئین جداسازی شده از چربی دنبه (۵۵/۰ درصد) کمتر از چربی شترمرغ (۶۴/۴) گزارش شد ($p > 0.05$). به طور مشابه، راندمان جداسازی جزء استئارین نرم از جزء سوپر اولئین در چربی دنبه بیشتر از چربی شترمرغ به دست آمد. محتوای سوپر اولئین در چربی دنبه و چربی شترمرغ به ترتیب ۳۲/۱ درصد و ۵۴/۹ درصد تعیین شد. تفاوت در ترکیب اسید چرب دو نوع چربی که منجر به تفاوت در میزان اشباعیت و نقطه ذوب چربی می‌شود، می‌تواند دلیلی بر بیشتر بودن راندمان جداسازی بخش استئارین از بخش اولئین و به دنبال آن بخش استئارین نرم از سوپر اولئین در چربی دنبه باشد. هو و همکاران (۲۰۲۰) راندمان جداسازی خشک استئارین و استئارین نرم از چربی دنبه گوسفندی را به ترتیب در دماهای ۳۰ و ۲۰ درجه سلسیوس ۴۵/۹ و ۳۵/۰ درصد گزارش کردند [۸]. در مطالعه دیگری بر استخراج فاز مایع چربی دنبه گوسفندی به روش جزء به جزء سازی با حلال، راندمان بخش جامد (استئارین) ۲۶/۳۵ درصد بود

موجود در چربی دنبه هستند. در مطالعه‌ای بر روی چربی دنبه، اولئیک اسید (۴۴ درصد)، پالمیتیک اسید (۲۰ درصد) و استئاریک اسید (۹ درصد) اسیدهای چرب اصلی تشکیل دهنده چربی دنبه معرفی شد [۸]. دوستی و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که حدود ۴۷ درصد اسیدهای چرب چربی دنبه را اسیدهای چرب اشباع (اسیدهای پالمیتیک، استئاریک، مارگاریک و میریستیک) و مابقی آن را اسیدهای چرب غیراشباع (حدود ۵۳ درصد) تشکیل داده که بخش عمده آن اسید اولئیک (۳۸ درصد) بود [۲]. پس از مرحله اول در فرایند جزء به جزء سازی خشک چربی خام دنبه، درصد غیراشباعیت و بویژه میزان اولئیک اسید در بخش اولئین به ترتیب به ۵۴/۸ و ۴۶/۹ درصد افزایش یافت. بعلاوه، میزان استئاریک اسید در بخش استئارین (۱۴/۰ درصد) نسبت به چربی خام بیشتر شد که ناشی از تبلور اسیدهای چرب با نقطه ذوب بیشتر از ۳۵ درجه سلسیوس (دمای مرحله اول جزء به جزء کردن) بود. در ادامه و پس از جزء به جزء سازی بخش اولئین با کاهش دمای جزء به جزء سازی (از ۳۵ به ۳۰ درجه سلسیوس)، محتوای اسیدهای چرب غیراشباع افزایش یافت و درصد غیراشباعیت در جزء سوپراولئین به ۵۵/۴ درصد رسید. همچنین، میزان استئاریک اسید و پالمیتیک اسید در بخش استئارین نرم ۱۳ و ۲۵ درصد گزارش شد. به طور مشابه، هو و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند پس از فرایند جزء به جزء کردن خشک دو مرحله‌ای مقدار اسیدهای چرب اشباع در جزء استئارین (۴۲/۴۵ درصد) و استئارین نرم (۴۳/۷۱ درصد) نسبت به چربی خام (۳۸/۵۸

درصد) بیشتر شد، در حالی که محتوای اسیدهای چرب غیراشباع و به طور خاص میزان اولئیک اسید به ۴۰/۶۵ و ۳۹/۷۰ درصد به ترتیب در استئارین و استئارین نرم در مقایسه با چربی خام (۴۴/۹۳) کاهش یافت [۸]. سیمان‌پور و همکاران (۲۰۱۲) نیز مشاهده کردند که طی فرایند جزء به جزء سازی چربی محتوای پالمیتیک اسید و استئاریک اسید موجود در بخش استئارین افزایش می‌یابد و در بخش اولئین میزان اولئیک اسید بیشتر می‌شود [۲۴].

از سویی دیگر، نتایج کروماتوگرافی بیانگر حضور اولئیک اسید، پالمیتیک اسید، پالمیتولئیک اسید، لینولئیک اسید، استئاریک اسید و لینولئیک اسید به ترتیب به میزان ۳۹/۱، ۳۰/۹، ۱۱/۶، ۱۰/۶، ۵/۳ و ۱/۵ درصد در چربی شتر مرغ بودند و محتوای غیراشباعیت کل ۶۲/۸ درصد تعیین شد. در مطالعه‌ای بر روی ترکیب اسیدهای چرب و خواص فیزیکوشیمیایی چربی شتر مرغ استخراج شده به روش سیال فوق بحرانی، اولئیک اسید (۴۰/۷ درصد) اسید چرب غیراشباع اصلی و پس از آن لینولئیک اسید (۷/۳۸ درصد) و پالمیتولئیک اسید (۷/۱۳ درصد) بودند. بلیکوسکا و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که اولئیک اسید (۲۸/۳۱ درصد)، پالمیتیک اسید (۲۷/۱۲ درصد)، لینولئیک اسید (۲۵/۰۸ درصد)، پالمیتولئیک اسید (۹/۷۳ درصد)، استئاریک اسید (۵/۱۲) و میریستیک اسید (۲/۱۶ درصد) اسیدهای چرب عمده تشکیل دهنده چربی شتر مرغ هستند. همچنین، محتوای کل غیراشباعیت و اسیدهای چرب مطلوب (کل غیر اشباع + اسید استئاریک) در این چربی به ترتیب ۶۲/۲۵ و ۷۰/۳۷

بود [۱۴]. امانی و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که اولئیک اسید، اسید چرب غیراشباع غالب (۴۶/۷۵ درصد) و اسید پالمیتیک اسید چرب اشباع غالب (۲۸/۵۰ درصد) در روغن شترمرغ است [۱۳]. در طی مرحله اول فرایند جزء به جزء کردن محتوای اولئیک اسید و پالمیتیک اسید در بخش استئارین به ترتیب به ۳۵/۹ و ۳۵/۰ درصد کاهش و افزایش یافت. به طور کلی، میزان غیراشباعیت در بخش‌های استئارین و اولئین به ترتیب ۵۷/۹ و ۶۳/۴ درصد گزارش شد. تبلور اسیدهای چرب اشباع با نقطه ذوب بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس (دمای مرحله اول) و جدا شدن آن‌ها از بخش مایع منجر به کاهش میزان غیراشباعیت در بخش استئارین نسبت به اولئین می‌شود. در مرحله دوم جزء به جزء کردن خشک میزان غیراشباعیت در بخش سوپراولئین به ۶۵/۸ درصد رسید که بخش عمده آن اولئیک اسید (۴۱/۱ درصد) بود. از سویی دیگر، محتوای پالمیتیک اسید در جزء سوپراولئین به ۲۸/۲ درصد کاهش یافت؛ مقدار آن در جزء استئارین نرم ۳۱/۳ درصد گزارش شد. کاهش دمای جزء به جزء سازی از ۳۰ به ۲۵ درجه سلسیوس محتوای اسیدهای چرب اشباع بلند زنجیر را در بخش اولئین کاهش داد. به طور مشابه، مشاهده شد که پس از جزء به جزء کردن خشک چربی خام شترمرغ محتوای اولئیک اسید و پالمیتیک اسید به ترتیب در بخش‌های اولئین و استئارین جداسازی شده بیشتر شد [۱۳]. بوسانی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی دیگر بر روی جزء به جزء کردن خشک چربی شترمرغ و استفاده از بخش استئارین آن برای تولید بیسکویت، این نتایج را تایید و گزارش کردند محتوای اولئیک اسید از

۴۶/۷ درصد در چربی خام به ۵۷/۴ درصد در جزء اولئین افزایش یافت. از سویی دیگر، محتوای پالمیتیک اسید در جزء استئارین (۵۵/۸ درصد) نسبت به چربی خام (۲۸/۵ درصد) به طور چشمگیری بیشتر شد [۲۰].

Table 2- Fatty acid composition of unfractionated, stearin, olein, soft stearin, and super olein of sheep tail fat and ostrich fat samples.

Fatty acid (%)	Sheep tail fat					Ostrich fat				
	Unfractionated	Stearin	Olein	Soft stearin	Superolein	Unfractionated	Stearin	Olein	Soft stearin	Superolein
Lauric acid	0.492±0.06 ^a	0.278±0.01 ^b	0.292±0.03 ^b	0.365±0.02 ^b	0.319±0.04 ^b	0±0.00 ^c	0±0.00 ^c	0±0.00 ^c	0±0.00 ^c	0±0.00 ^c
Myrestic acid	6.402±0.32 ^a	5.219±0.51 ^{bc}	4.381±0.06 ^c	5.774±0.60 ^{ab}	5.215±0.03 ^{bc}	0.817±0.01 ^d	0.839±0.02 ^d	0.805±0.04 ^d	0.829±0.07 ^d	0.756±0.05 ^d
Palmitic acid	26.854±0.80 ^{cd}	26.115±0.60 ^{de}	25.254±0.24 ^{def}	25.126±0.90 ^{ef}	24.15±0.50 ^f	30.86±0.20 ^b	35.041±0.25 ^a	30.147±0.33 ^b	31.308±0.56 ^b	28.189±0.10 ^c
Palmitoleic acid	3.859±0.00 ^b	3.497±0.42 ^b	3.941±0.01 ^b	3.192±0.16 ^b	4.053±0.51 ^b	11.582±0.32 ^a	11.084±0.25 ^a	11.638±0.74 ^a	11.264±0.5 ^a	11.783±0.15 ^a
Margaric acid	2.571±0.01 ^b	2.674±0.05 ^a	2.511±0.03 ^b	2.333±0.03 ^c	2.346±0.06 ^c	0±0.00 ^d	0±0.00 ^d	0±0.00 ^d	0±0.00 ^d	0±0.00 ^d
Stearic acid	11.941±0.80 ^{bc}	13.924±0.60 ^a	12.362±0.08 ^{bc}	12.777±0.90 ^{ab}	11.059±0.50 ^c	5.306±0.20 ^d	5.948±0.25 ^d	5.406±0.16 ^d	5.289±0.04 ^d	4.947±0.10 ^d
Oleic acid	41.799±0.90 ^{bc}	43.275±0.1 ^b	46.865±0.77 ^a	43.278±0.80 ^b	46.956±0.50 ^a	39.08±0.09 ^d	35.934±0.20 ^e	40.397±0.48 ^{cd}	38.873±0.50 ^d	41.16±0.30 ^c
Linoleic acid	1.637±0.03 ^f	1.161±0.06 ^g	1.573±0.00 ^f	2.339±0.09 ^e	1.585±0.05 ^f	10.652±0.02 ^b	9.589±0.02 ^d	10.083±0.23 ^c	10.422±0.05 ^b	11.312±0.01 ^a
Linolenic acid	2.222±0.04 ^b	2.061±0.01 ^c	1.86±0.02 ^d	1.925±0.07 ^d	2.376±0.08 ^a	1.517±0.02 ^e	1.358±0.03 ^{fg}	1.322±0.00 ^g	1.472±0.06 ^{ef}	1.598±0.00 ^e

Different letters demonstrate significant differences between sheep tail and ostrich fats and their fractions in each row ($p < 0.05$).

۳-۵- خصوصیات فیزیکوشیمیایی

به منظور بررسی کیفیت نمونه‌های چربی قبل و بعد از جزءبه‌جزء‌سازی، عدد اسیدی به عنوان شاخصی از میزان اسیدهای چرب آزاد موجود در نمونه‌های چربی اندازه‌گیری شد (جدول ۳). با توجه به داده‌ها مقادیر عدد اسیدی در محدوده مجاز تعیین شده توسط استاندارد کدکس (۲) میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید در کیلوگرم چربی) برای چربی‌های حیوانی قرار داشت [۱۶]. همچنین، عدد اسیدی نمونه‌های چربی دنبه خام و جداسازی شده (۰/۷۲-۰/۶۹ میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید در کیلوگرم چربی) به طور معناداری بیشتر از نمونه‌های چربی شترمرغ خام و جزءهای حاصل از آن (۰/۲۸-۰/۲۹ میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید در کیلوگرم چربی) بود ($p < 0/05$). این نشان داد که نمونه‌های چربی بافت دنبه دارای محتوای اسید چرب آزاد بیشتری نسبت به چربی بافت شترمرغ هستند. با این وجود، تفاوت معناداری در عدد اسیدی چربی خام و جزءبه‌جزء شده در یک نوع چربی مشاهده نشد که تایید می‌کند فرایند جزءبه‌جزء‌کردن خشک بر میزان اسید چرب آزاد در این مطالعه موثر نبوده است. به طور مشابه، بوسانی و همکاران (۲۰۱۷) درصد اسید چرب آزاد چربی خام، اولئین و استئارین جداسازی شده به روش خشک از بافت شکمی شترمرغ را به ترتیب ۰/۱۰، ۰/۰۹ و ۰/۰۸ درصد گزارش کردند [۲۰]. در مطالعه‌ای دیگر بر جداسازی فاز مایع چربی دنبه گوسفندی به روش جزءبه‌جزء‌کردن با حلال استون، الهامی‌راد و همکاران (۲۰۱۱) عدد اسیدی چربی خام و اولئین را به ترتیب ۰/۵۶ و ۰/۵۶

میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید در کیلوگرم چربی اندازه‌گیری کردند [۷].

عدد یدی به‌عنوان شاخصی از تعداد اتصالات دوگانه و میزان غیراشباعیت بررسی شد (جدول ۳). همانطور که انتظار می‌رفت، عدد یدی چربی شترمرغ از چربی دنبه بیشتر بود که با داده‌های حاصل از کروماتوگرافی گازی نمونه‌ها مطابقت داشت. فرایند جزءبه‌جزء‌سازی نیز با تغییر ترکیب اسیدچرب در بخش‌های جداسازی شده از چربی خام بر عدد یدی موثر بود. نمونه استئارین و سوپر اولئین به ترتیب با کاهش و افزایش درصد اولئیک اسید در ساختار خود کمترین و بیشترین عدد یدی را در بین نمونه‌های چربی دنبه داشتند (به ترتیب ۴۷/۹۴ و ۵۳/۱۹ گرم ید در ۱۰۰ گرم چربی). از طرفی، با افزایش میزان اشباعیت از ۳۷ به ۴۲ درصد در استئارین نسبت به نمونه خام چربی شترمرغ عدد یدی از ۶۷/۰۳ به ۶۱/۵۹ گرم ید در ۱۰۰ گرم چربی کاهش یافت. به‌علاوه، بیشترین مقدار عدد یدی در نمونه سوپر اولئین چربی شترمرغ با بیشترین محتوای کل غیراشباع (۶۵/۸ درصد) گزارش شد که با داده‌های کروماتوگرافی گازی مطابقت داشت. به طور مشابه، هو و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند عدد یدی بخش‌های استئارین و استئارین نرم (۵۳ گرم ید در ۱۰۰ گرم چربی) نسبت به بخش‌های اولئین و سوپر اولئین (۵۸ گرم ید در ۱۰۰ گرم چربی) کمتر بود [۸]. همچنین، سیمان‌پور و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که با افزایش درصد غیراشباعیت در بخش مایع حاصل از مرحله سوم جداسازی از چربی دنبه به روش

جزء به جزء سازی با حلال استون سه مرحله ای عدد یدی از ۴۷/۷۸ به ۵۵/۵۱ گرم ید در ۱۰۰ گرم چربی رسیده است [۲۴]. در تحقیقی دیگر بر کاربرد چربی شتر مرغ در مواد غذایی، عدد یدی چربی خام، استئارین و اولئین جداسازی شده از بافت شتر مرغ به روش خشک به ترتیب ۷۹، ۴۹ و ۵۸ گرم ید در ۱۰۰ گرم چربی اندازه گیری و بیان شد عدد یدی بیشتر بخش اولئین ماهیت غیر اشباع آن را تایید می کند [۱۳].

ضریب شکست چربی های خام و جداسازی شده در دمای ۵۰ درجه سلسیوس نیز در جدول ۳ نشان داده شده است. ضریب شکست در چربی خام شتر مرغ (۱/۴۶۴۹) به طور معناداری بزرگتر از چربی خام دنبه گوسفندی (۱/۴۶۳۷) بود که به دلیل افزایش مقدار اسیدهای چرب غیر اشباع و غیر اشباعیت بیشتر چربی شتر مرغ (۶۲/۸ درصد) نسبت به چربی دنبه (۵۰/۲ درصد) است. در طی فرایند جزء به جزء سازی و با افزایش تعداد اتصالات دوگانه ضریب شکست در بخش اولئین و سوپر اولئین چربی شتر مرغ (به ترتیب ۱/۴۶۴۶ و ۱/۴۶۵۰) و چربی دنبه (به ترتیب ۱/۴۶۴۲ و ۱/۴۶۴۷) بیشتر شد؛ با این حال، ضریب شکست در بخش استئارین کاهش یافت و کمترین ضریب شکست در استئارین چربی دنبه (۱/۴۶۳۰) با کمترین عدد یدی (۴۷/۹۴) گرم ید در ۱۰۰ گرم چربی) مشاهده شد. بنابراین، فرایند جزء به جزء سازی و نوع روغن با تغییر در ترکیب اسید چرب می تواند بر ضریب شکست چربی موثر باشد. الهامی راد و همکاران (۲۰۱۱) نیز ضریب

شکست (۲۵ درجه سلسیوس) بخش اولئین چربی دنبه گوسفندی (۱/۴۵۹) را بیشتر از چربی خام آن (۱/۴۵۴) گزارش کردند [۷].

داده های حاصل از نقطه ذوب در جدول ۳ نمایش داده شده است. نقطه ذوب چربی خام دنبه (۳۸/۵ درجه سلسیوس) به طور معناداری از چربی شتر مرغ (۳۵ درجه سلسیوس) بیشتر بود. همچنین، در طی فرایند جزء به جزء سازی با افزایش میزان اشباعیت نقطه ذوب در بخش استئارین چربی دنبه و چربی شتر مرغ افزایش یافت. اگرچه، نقطه ذوب بخش اولئین با کاهش دمای جداسازی و به دنبال آن افزایش تعداد اتصالات دوگانه و عدد یدی در هر دو چربی کم شد و نمونه های سوپر اولئین چربی دنبه و چربی شتر مرغ به ترتیب با نقطه ذوب ۲۰ و ۱۵ درجه سلسیوس در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) حالت مایع داشتند. به طور مشابه در تحقیقی دیگر بیان شد جزء به جزء سازی چربی دنبه گوسفندی به روش خشک تا حد زیادی دمای ذوب بخش اولئین را کاهش داد به طوری که نقطه ذوب سوپر اولئین (۵/۳۲ درجه سلسیوس) کمتر از چربی خام (۳۷/۳۰ درجه سلسیوس) بود [۸]. این نتایج با داده های سیمان پور و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت. آن ها نقطه ذوب چربی دنبه خام، جزء جامد حاصل از مرحله اول، جزء جامد حاصل از مرحله دوم، جزء جامد حاصل از مرحله سوم و جزء مایع حاصل از مرحله سوم را به ترتیب ۴۱/۰، ۵۲/۵، ۴۸/۵، ۴۰/۲ و ۱۱/۵ تعیین کردند [۲۴]. بوسانی و همکاران (۲۰۱۷) نیز نقطه ذوب چربی خام شتر مرغ، استئارین و اولئین جداسازی شده را به

ترتیب ۲۵/۵، ۵۴ و ۲۰ درجه سلسیوس گزارش کردند [۲۰].

عدد پراکسید بعنوان شاخصی مرتبط با فساد شیمیایی در انواع چربی قبل و بعد از فرایند جزءبه جزء سازی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۳ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، عدد پراکسید نمونه های چربی دنبه خام و جداسازی شده تفاوت معناداری با هم نشان ندادند و در محدوده ۱/۷۲ - ۱/۳۹ میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی) بودند. اگرچه، چربی خام شترمرغ عدد پراکسید نسبتاً کمی (۱/۶۹ میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی) داشت اما مقدار آن بعد از فرایند جزءبه جزء سازی به صورت چشمگیری افزایش یافت. بیشتر بودن میزان غیراشباعیت و به ویژه حضور لینولئیک اسید (حدود ۱۰ درصد) می تواند منجر به حساس شدن چربی شترمرغ نسبت به فرایند جداسازی باشد که نتایج کروماتوگرافی گازی و عدد یدی آن را تایید می کند. بنابراین، چربی شترمرغ نسبت به چربی دنبه گوسفندی حساسیت بیشتری به شرایط فراوری و نگهداری دارد. با این وجود، بوسانی و همکاران (۲۰۱۷) تفاوت معناداری در عدد پراکسید چربی شترمرغ، اولئین و استئارین مشاهده نکرده و مقادیر آن را به ترتیب ۰/۹۰، ۰/۸۵ و ۰/۸۷ میلی اکی والان در کیلوگرم روغن اندازه گیری کردند [۲۰]. در تحقیقی دیگر بر روی چربی دنبه گوسفندی و اجزای جدا شده از آن به روش جزءبه جزء کردن با حلال سه مرحله ای، زمان مقاومت به اکسیداسیون بعنوان شاخص پایداری اکسیداتیو مورد بررسی قرار

گرفت و بیان شد در بخش های جامد و مایع حاصل از مرحله سوم جداسازی با افزایش میزان غیراشباعیت زمان مقاومت نسبت به اکسیداسیون کاهش یافته است [۲۴].

به منظور بررسی ظاهری نمونه شاخص های L^* ، a^* و b^* با استفاده از دستگاه رنگ سنج اندازه گیری شدند (جدول ۳). چربی خام شترمرغ نسبت به چربی دنبه شاخص L^* بزرگتری نشان داد که بیانگر سفیدی بیشتر چربی شترمرغ نسبت به چربی دنبه است. از طرفی فرایند جزءبه جزء سازی منجر به تغییر میزان روشنایی در بخش های مختلف جداسازی شده شد به طوری که استئارین و به دنبال آن استئارین نرم بیشترین میزان روشنایی را داشتند و میزان روشنایی در اولئین و به ویژه سوپر اولئین کمتر شد. به علاوه، نمونه های چربی خام دنبه و شترمرغ تفاوت معناداری در شاخص a^* (سبزی - / قرمزی) نشان ندادند (به ترتیب ۴/۲۷ - و ۴/۳۸ -). پس از فرایند جداسازی، میزان شاخص a^* در نمونه های استئارین و استئارین نرم هر دو نوع چربی افزایش یافت. از سویی دیگر، سبزی در نمونه ی سوپر اولئین دنبه به طور معناداری افزایش یافت در حالی که مقدار آن در نمونه های اولئین دنبه و شترمرغ و سوپر اولئین شترمرغ تفاوت معناداری با نمونه های چربی خام نشان نداد. این احتمال وجود دارد که رنگدانه های عامل سبزی پس از فرایند جزءبه جزء سازی خشک به همراه رنگ اولئین از استئارین جدا شده و در نتیجه شدت رنگ سبز در بخش استئارین کاهش یابد. همچنین، بزرگتر بودن مقادیر b^* در نمونه های چربی شترمرغ

اولئین و سوپر اولئین میزان سفیدی و شدت رنگ به ترتیب کاهش و افزایش یافت [۲۶].

نسبت به چربی دنبه تایید کرد که چربی شترمرغ (۸/۲۷) از چربی دنبه (۱/۰۲) زرد رنگ‌تر است. فرایند جزء به جزء سازی خشک میزان زردی را در بخش‌های جداسازی شده نسبت به چربی خام دنبه افزایش داد اگرچه روند معکوسی برای چربی شترمرغ مشاهده شد. تفاوت در نوع و نژاد حیوان و جیره غذایی مورد استفاده در پرورش آن‌ها می‌تواند علت تفاوت در رنگ این دو نوع چربی باشد [۲۵]. همچنین، غیراشباعیت بیشتر چربی شترمرغ نسبت به چربی دنبه و همچنین جذب گزانتوفیل بیشتر در پرندگان نسبت به پستانداران می‌تواند منجر به بیشتر بودن شدت زردی در چربی شترمرغ نسبت به چربی دنبه باشد. حضور میزان زیاد لینولئیک اسید در چربی شترمرغ و اجزاء آن می‌تواند منجر به پیشرفت اکسیداسیون و تولید ترکیبات قطبی شود و شدت رنگ زرد را در این چربی نسبت به چربی دنبه افزایش دهد [۲۱]. سیمان‌پور و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی رنگ چربی دنبه و جزء‌های حاصل از آن با استفاده از دستگاه لایو بانند مشاهده کردند که در طی فرایند جزء به جزء کردن سه مرحله‌ای با حلال، با افزایش میزان غیراشباعیت شدت رنگ زرد ناشی از حضور گزانتوفیل‌ها در بخش مایع حاصل از مرحله سوم افزایش یافت در حالی که شدت رنگ زرد در بخش‌های جامد حاصل از مرحله اول و دوم کم بود [۲۴]. به طور کلی می‌توان گفت طی فرایند جزء به جزء سازی خشک با افزایش محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع و به دنبال آن افزایش حلالیت رنگدانه‌هایی غیراشباع محلول در روغن مانند گزانتوفیل در بخش

Table 3- Physicochemical analysis of unfractionated, stearin, olein, soft stearin, and super olein of sheep tail fat and ostrich fat samples

Properties	Sheep tail fat					Ostrich fat				
	Unfractionated	Stearin	Olein	Soft stearin	Superolein	Unfractionated	Stearin	Olein	Soft stearin	Superolein
Acid value (mg KOH/kg oil)	0.70±0.05 ^a	0.72±0.00 ^a	0.71±0.00 ^a	0.70±0.00 ^a	0.69±0.00 ^a	0.29±0.04 ^b	0.28±0.00 ^b	0.28±0.00 ^b	0.28±0.00 ^b	0.28±0.00 ^b
Iodine value (g I2/100g oil)	48.26±2.71 ^c _d	47.94±3.03 ^d	51.64±0.71 ^{cd}	49.34±0.07 ^{cd}	53.19±0.79 ^c	67.03±2.17 ^a	61.59±1.08 ^b	66.72±0.14 ^{ab}	66.03±0.61 ^{ab}	70.36±1.62 ^a
Refractive index (50 °C)	1.4637±0.000 ^{cde}	1.4630±0.000 ^e	1.4642±0.000 ^a _{bcd}	1.4636±0.000 ^{de}	1.4647±0.000 ^{ab}	1.4649±0.000 ^a	1.4636±0.000 ^{de}	1.4646±0.001 ^a _{bc}	1.4638±0.000 ^{bc} _{de}	1.4650±0.000 ^a
Melting point (°C)	38.5±0.70 ^b	42.5±2.12 ^a	32.0±1.41 ^d	42.5±0.70 ^a	20.5±0.70 ^f	35.0±0.00 ^c	43.5±0.70 ^a	28.0±1.41 ^e	37.0±0.00 ^{bc}	15.0±0.00 ^g
Peroxide value (mEq O2/kg oil)	1.55±0.10 ^c	1.69±0.22 ^c	1.72±0.39 ^c	1.48±0.21 ^c	1.39±0.13 ^c	1.69±0.13 ^c	6.96±0.10 ^b	9.08±1.38 ^a	7.59±0.17 ^b	9.68±0.41 ^a
Color										
L*	63.75±0.05 ^f	71.42±0.00 ^b	67.71±0.05 ^d	70.96±0.11 ^b	57.08±0.49 ^b	67.50±0.28 ^d	72.56±0.01 ^a	66.22±0.15 ^e	69.90±0.11 ^c	62.65±0.55 ^g
a*	4.27±0.014 ^b _c	3.46±0.000 ^a	-4.03±0.113 ^b	-3.36±0.636 ^a	-4.71±0.042 ^c	4.38±0.007 ^b _c	-3.46±0.028 ^a	-4.14±0.162 ^b	-3.50±0.035 ^a	-4.35±0.028 ^{bc}
b*	1.02±0.02 ^h	4.53±0.09 ^e	3.69±0.00 ^f	3.78±0.31 ^f	1.33±0.17 ^g	8.27±0.09 ^a	6.00±0.00 ^c	5.92±0.04 ^c	6.50±0.05 ^b	5.19±0.19 ^d

Different letters demonstrate significant differences between fractions of sheep tail and ostrich fats in each row (p < 0.05).

۴- نتیجه گیری

می توانند به عنوان جایگزینی برای چربی های هیدروژنه در تولید محصولات مانند مارگارین، شورتینگ، پخشینه ها، شکلات و بستنی که نیاز به چربی جامد دارند، استفاده شوند. همچنین، جزء سوپراولئین حاصل از چربی دنبه با داشتن میزان زیادی اولئیک اسید می تواند در تولید روغن سرخ کردنی به کار برده شود. از این رو می توان در مطالعات آینده امکان استفاده از این اجزاء را در محصولات غذایی بررسی کرد. به علاوه، برای تولید جزء استئارین اشباع تر با نقطه ذوب بیشتر می توان روش های جزء به جزء کردن با حلال و یا مواد شوینده را مورد بررسی قرار داد.

۵- منابع

- [1] Yilmaz, M. and Karakaya, M. 2010. Thermal analysis of lipids isolated from various tissues of sheep fats. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **101**(1): 403-409.
- [2] Doosti, A., Jafarainaimi, K., Balvardi, M. and Morteza pour, H. 2020. Ultrasound-assisted deodorization of sheep tail fat and evaluation of odor intensity using electronic nose and sensorial analysis. *Journal of Food Science and Technology*, **17**(98): 13-25.
- [3] Pehlivanoglu, H., Demirci, M., Toker, O. S., Konar, N., Karasu, S. and Sagdic, O. 2018. Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production and food-based applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **58**(8): 1330-1341.
- [4] Li, J., Guo, R., Wang, M., Bi, Y., Zhang, H. and Xu, X. 2022. Development and characterization of compound oleogels based on monoglycerides and edible waxes. *ACS Food Science and Technology*, **2**(2): 302-314.
- [5] Doosti, A., Jafarainaimi, K., Balvardi, M. and Morteza pour, H. 2021. Parameters optimization of ultrasound-assisted deodorization of sheep tail fat using response surface technique. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, **40**(3): 815-831.
- [6] Li, Y., Li, Y. B. and Liu, C. J. 2017. Changes in lipid oxidation and fatty acids in Altay sheep fat during a long time of low temperature storage. *Journal of Oleo Science*, **66**(4): 321-327.
- [7] Elhamirad, A. H., Izi, M. and Armin, M. 2011. Extracting the liquid phase of sheep tail fat by solvent fractionation method and comparing the composition of its fatty acids with some commercial samples of liquid oil. *Scientific and Research Journal of Food Science and Technology*, **3**(3): 51-59.
- [8] Hou, C., Wang, Z., Zhao, M., Tian, X., Shen, Q. and Zhang, D. 2020. Characterization of sheep tail fat dry fractionation at the pilot scale. *International Journal of Food Engineering*, **17**(4): 319-325.
- [9] Kowalska, M., Żbikowska, A. and Kowalski, B. 2014. Enzymatically modified fats based on mutton tallow and rapeseed oil suitable for fatty emulsions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **91**(10): 1703-1710.

- [10] Xu, C., Zhang, L., He, H., Liu, X., Pei, X., Ma, T., Ma, B., Lin, W. and Zhang, B., 2022. Sheep tail fat inhibits the proliferation of non-small-cell lung cancer cells in vitro and in vivo. *Frontiers in Pharmacology*, **13**: 1-10.
- [11] Şişik Oğraş, Ş., Akköse, A., Kaban, G. and Kaya, M. 2018. Volatile profile and fatty acid composition of kavurma (a cooked uncured meat product) produced with animal fat combinations. *International Journal of Food Properties*, **21**(1): 364-373.
- [12] Liu, X., Wang, F., Liu, X., Chen, Y. and Wang, L. 2011. Fatty acid composition and physicochemical properties of ostrich fat extracted by supercritical fluid extraction. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **113**(6): 775-779.
- [13] Amany, M., Shaker, M. and Shereen, L. 2011. Utilization of ostrich oil in foods. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, **2**: 199-208.
- [14] Belichovska, D., Hajrulai-Musliu, Z., Uzunov, R., Belichovska, K. and Arapcheska, M., 2015. Fatty acid composition of ostrich (*Struthio camelus*) abdominal adipose tissue. *Macedonian Veterinary Review*, **38**(1): 53-59.
- [15] Dehghani Askezari, N., Gharachorloo, M. and Ghasemi Afshar, P. 2022. Physical and chemical properties of oils extracted from fat tissues of ostrich (Canadian black neck breed). *Journal of Food Research*, **32**(2): 43-57.
- [16] Ponphaiboon, J., Limmatvapirat, S., Chaidedgumjorn, A. and Limmatvapirat, C. 2018. Physicochemical property, fatty acid composition, and antioxidant activity of ostrich oils using different rendering methods. *LWT*, **93**: 45-50.
- [17] Al-Baidhani, A. and Al-Mossawi, A. 2019. The study of chemical content and physicochemical properties of ostrich (*Struthio camelus*) fat (local). in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **388**: 012055.
- [18] Ghanei, F. 2020. Investigating the chemical structure and oxidative stability of ostrich oil as a new food source. M.Sc. thesis. College of Agriculture, Jahrom University of Technology.
- [19] Senanayake, S. P. J. N. and Shahidi, F. 2020. Modification of Fats and Oils via Chemical and Enzymatic Methods. In: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Shahidi, F. (Ed.). John Wiley & Sons, Ltd. Hoboken, New Jersey. pp. 1-29.
- [20] Basuny, A., Arafat, S. and Soliman, H. 2017. Biological evaluation of ostrich oil and its using for production of biscuit. *Egyptian Journal of Chemistry*, **60**(6): 1091-1099.
- [21] Pudtikajorn, K. and Benjakul, S. 2020. Simple wet rendering method for extraction of prime quality oil from skipjack tuna eyeballs. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **122**(8): 2000077.
- [22] Richards, M. P., Olson, J. M. and Haas, M. J. 2020. Animal Fats. In: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Shahidi, F. (Ed.). John Wiley & Sons, Ltd. Hoboken, New Jersey. pp. 1-49.
- [23] Dalvi Isfahan, M. and Daraei Garmekhani, A. 2011. Qualitative evaluation of ostrich oil (*Struthio camelus*) for use in cosmetic and food products. *Journal of Food Research*, **21**(4): 431-441.
- [24] Simanpoor, M., Gharachorloo, M. and Fahimdanesh, M. 2012. Investigation of cholesterol distribution in different fractions of sheep tail fat. *Food Technology and Nutrition*, **9**(3): 21-30.
- [25] Belitz, H. D., Grosch, W., and Schieberle, P. 2009. Edible fats and oils. In: *Food Chemistry*. Belitz, H. D., Grosch, W., and Schieberle, P. (Eds.). Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 640-669.
- [26] Rezaei, F., Gharachorloo, M., and Azizinejad, R. 2013. Fractionation of Iranian beef tallow-chemical and physical evaluations of the fractions. *Journal of Food Bioscience and Technology*, **3**: 37-40.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir



Scientific Research

Two-stage dry fractionation of sheep tail and ostrich fats and evaluation of physicochemical properties of their fractions

Maryam abdollahi¹, Sayed Amir Hossein Goli^{2*}, Nafiseh Soltanizadeh³

1- PhD student of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

2- Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Associated professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

ABSTRACT

In Iran, there is a large capacity for animal fat production, which is less used in food products. In this study, the fat obtained from sheep tail and ostrich abdominal tissue were investigated as waste from the slaughterhouse. For this purpose, in the first step, fats were extracted by wet rendering method and their chemical compositions were analyzed. In the second step, the fat was separated into two parts, stearin and olein, by dry fractionation. Then, the olein fraction was divided into two parts, soft stearin and superolein, and their fatty acid composition and physicochemical properties were measured. The sheep tail and ostrich tissues contained 10.66% and 5.18% moisture, 4.10% and 4.29% protein, 0.26% and 0.62% ash, and 84.93% and 88.35% fat, respectively, and the extraction yield were obtained 37.42% and 62.56%, respectively. The gas chromatography results showed that oleic acid, palmitic acid and stearic acid were the main fatty acids in sheep tail fat and oleic acid, palmitic acid, palmitoleic acid and linoleic acid were dominant in the fatty acid profile of ostrich fat. After fractionation, an increase in oleic content of olein and superolein in both fats increased iodine value and refractive index followed by decreasing melting point and L*. Peroxide value of sheep tail fat was 1.54 meqO₂/ kg and the fractionation process had no significant effect on it, however, the peroxide value of ostrich fat increased significantly after the separation ($p < 0.05$), which could be due to the presence of a considerable portion of linoleic in this fat. Therefore, it can be concluded that the fat extracted by wet rendering from sheep tail and ostrich tissues has an acceptable quality for edible use, and their stearin and soft stearin fractions can be used as an alternative to the hydrogenation process to produce semi-solid fat in food products.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/5/6

Accepted: 2023/11/4

Keywords:

Sheep tail fat,

Ostrich fat,

Fractionation,

Fatty acid composition

DOI: 10.22034/FSCT.20.145.35

*Corresponding Author E-Mail:
amirgoli@cc.iut.ac.ir