Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics
Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

انجمن علمی ماهیان زینتی ایران
Iranian Ornamental Fish Society (IOFS)

(OPEN ACCESS)

Exploring of changes in the nutritional value of *Sardinella sindensis* over a one-year period

Zabihollah Bahmani*

*Corresponding Author, National Fish Processing Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Anzali, Iran. E-mail: zabihbahmani@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 04.26.2025
Revised: 05.20.2025
Accepted: 06.08.2025

Keywords:
Fatty acids,
Nutritional value,
Sarcoplasmic proteins,
Sind sardine

ABSTRACT

Background and Objectives: Aquatic animals are functional foods due to their high nutritional value. In this article, the nutritional value of sardines (*Sardinella sindensis*), which are small surface-dwelling fish and have economic and ecological value in terms of producing fish meal and oil for human and non-human consumption, was examined.

Materials and Methods: The nutritional value of Sind sardine (*S. sindensis*) (moisture, protein, fat, carbohydrate, and ash) was determined by the AOAC method, protein type by the Hashimoto method, and fatty acid profile by the Metcalfe method, for one year, from April to March 2022.

Results: The amount of protein, fat, carbohydrate and ash changes are from 15.59 to 22.8%, 4.2 to 10.2%, 0.42 to 0.87% and 1.85 to 3.1% respectively and were significant ($P<0.05$). The fat content of sardine was high during the autumn to winter seasons (6.21-10.2%) and the lowest fat content was reported in spring (May) (4.2%). The amount of polyunsaturated fatty acids (PUFA) and total (EPA + DHA) in sardine oil was 32.343 and 8.241%, respectively, and the amount of sarcoplasmic, structural (myofibrillar) and connective (stroma) proteins was 22.95, 73.81 and 3.24%, respectively.

Conclusion: The results showed that there are no specific changes in protein, carbohydrate and ash content, while seasonal changes are more visible in the lipid content of the sample. The fat content increased from September and reached the maximum value (10.2%) in November, the changes in the fat of these fish were insignificant from December to March, and it decreased by 4.32% and 4.2% in April and May, respectively.

Cite this article: Bahmani, Zabihollah. 2026. Exploring of changes in the nutritional value of *Sardinella sindensis* over a one-year period. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 15 (1), 99-110.

© The Author(s).
Doi: 10.22069/japu.2025.23569.1946
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

بررسی تغییرات ارزش غذایی ماهی ساردین سند (*Sardinella sindensis*) طی دوره یک‌ساله

ذبیح‌اله بهمنی*

* نویسنده مسئول، مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران. رایانامه: zabihbahmani@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۰۲/۰٦
تاریخ ویرایش: ۱٤۰٤/۰۲/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۰۳/۱۸

واژه‌های کلیدی:
ارزش غذایی،
اسیدهای چرب،
پروتئین‌های سارکوپلاسمی،
ساردین سند

چکیده

سابقه و هدف: آبزیان به دلیل داشتن ارزش غذایی بالا، مواد غذایی بسیار مفیدی هستند. در این مقاله ارزش غذایی ساردین ماهیان (*Sardinella sindensis*)، که از ماهیان سطحی‌زی ریز هستند و به لحاظ تولید پودر و روغن ماهی جهت مصارف انسانی و غیرانسانی دارای ارزش اقتصادی و اکولوژیکی می‌باشند، بررسی شد.

مواد و روش‌ها: تعیین ارزش غذایی ساردین سند (*S. sindensis*) (رطوبت، پروتئین، چربی، کربوهیدرات و خاکستر) به روش AOAC، نوع پروتئین به روش Hashimoto، و پروفایل اسیدهای چرب به روش Metcalfe، به مدت یک سال، از فروردین تا اسفند ۱٤۰۱، مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: میزان تغییرات پروتئین، چربی، کربوهیدرات و خاکستر به‌ترتیب از ۱۵/۵۹ تا ۲۲/۸ درصد، ٤/۲ تا ۱۰/۲ درصد، ۰/٤۲ تا ۰/۸۷ درصد و ۱/۸۵ تا ۳/۱ درصد و دارای تفاوت معنی‌داری ($P<0/05$) بودند. محتوای چربی ساردین در طول فصل پاییز تا زمستان (۶/۲۱-۱۰/۲ درصد) بالا و کم‌ترین میزان چربی در فصل بهار (اردیبهشت) (٤/۲) گزارش شد. میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) و مجموع (DHA + EPA) در روغن ساردین به ترتیب، ۳۲/۳٤۳ و ۸/۲٤۱ درصد بود و مقدار پروتئین‌های سارکوپلاسمی، ساختاری (میوفیبریلی) و پیوندی (استروما) به ترتیب ۲۲/۹۵، ۷۳/۸۱ و ۳/۲٤ درصد است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که تغییرات مشخصی در محتوای پروتئین، کربوهیدرات و خاکستر وجود ندارد، در حالی که تغییرات فصلی بیش‌تر در محتوای چربی نمونه دیده می‌شود. محتوی چربی از شهریور افزایش یافت و در آبان به حداکثر مقدار (۱۰/۲ درصد) رسید، در ماه‌های

آذر تا اسفند تغییرات چربی این ماهیان ناچیز بوده است، در فروردین و اردیبهشت به ترتیب ٤/٣٢ و ٤/٢ درصد کاهش یافت.

استناد: بهمنی، ذبیح‌اله (۱۴۰۵). بررسی تغییرات ارزش غذایی ماهی ساردین سند (*Sardinella sindensis*) طی دوره یک‌ساله. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۵ (۱)، ۱۱۰-۹۹.
Doi: 10.22069/japu.2025.23569.1946

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

آبزیان منبع غنی از اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) به ویژه ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) می باشند. آبزیان طیف وسیعی از فاکتورهای سلامتی از جمله پیشگیری از بیماری عروق کرونر قلب، بهبود شبکیه، رشد مغز، کاهش بروز سرطان سینه، آرتریت روماتوئید، اسکلروزیس، پسوریازیس و التهاب را ارائه می‌دهند که به وجود اسیدهای چرب امگا ۳ و سنتز ایکوزانوئیدها، ترومبوکسان‌ها و لوکوترین‌ها مرتبط هستند و این ترکیبات در سایر مواد غذایی یا به مقدار بسیار کم هستند و یا اصلاً وجود ندارند (۱ و ۲). با توجه به این‌که اسیدهای چرب امگا- ۳، در بدن سنتز نمی‌شوند و باید از رژیم غذایی دریافت شوند. بنابراین اهمیت مصرف ماهی را نمی‌توان نادیده گرفت و ترویج ماهی به عنوان غذای سالم و یا غذای مغز به دغدغه جهانی تبدیل شده است. توصیه کلی برای مصرف روزانه ۰/۵ گرم DHA/EPA برای نوزادان و ۱ گرم برای بزرگسالان است (۳). اخیراً به‌دلیل استفاده از روغن‌های گیاهی مصرف اسیدهای چرب امگا-٦ نسبت به امگا- ۳، افزایش یافته است (۱، ۲ و ۳). سازمان‌های بین‌المللی بهداشت و خواربار جهانی نسبت امگا-٦ به امگا-۳ را در محصولات غذایی ۵:۱۸ توصیه می‌کند. ترکیب اصلی بدن ماهی شامل پروتئین، چربی، مواد معدنی، کربوهیدرات و آب است. با این‌حال، این ترکیبات از گونه‌ای به گونه دیگر بسته به سن، جنس، محیط و فصل بسیار متفاوت است. علاوه بر این، تغییرات در ترکیب تقریبی ماهی ارتباط نزدیکی با تغذیه دارد و تغییرات در محتوای چربی بسیار گسترده‌تر از پروتئین است. چربی‌ها مهم‌ترین ماده تشکیل‌دهنده عضله ماهی هستند که ذخیره انرژی و اجزای غشای زیستی سلولی را تأمین می‌کنند. فراوانی ماهیانی با محتوای چربی کم‌تر از ۰/۵ درصد و بالای ۱۸-۱٦ درصد، رایج هستند (۳). در بسیاری از گونه‌ها، چربی‌ها در طول فصل تغذیه تجمع می‌یابد و در زمان تخم‌ریزی کاهش می‌یابد. محتوای چربی در این گونه ماهیان با فصل و بلوغ جنسی تغییرات زیادی نشان می‌دهد. در ماهیان چرب مانند ساردین، ماکرل، شاه‌ماهی و غیره محل اصلی ذخیره چربی‌ها، عضله است. محتوای کل چربی، نسبت اسیدهای چرب و ترکیبات معدنی ماهی تا حد زیادی به رژیم غذایی مصرف شده بستگی دارد (٤ و ٥). در طول سال، ماهیان در معرض تغییرات محیطی و نوسانات قابل‌توجهی در دسترس بودن و ترکیبات مواد غذایی قرار می‌گیرند که بر ترکیب شیمیایی عضلات آن‌ها تأثیر می‌گذارد. بسیاری از عوامل خارجی دیگر (دما و شوری) نیز ممکن است بر ترکیب اسیدهای چرب تأثیر بگذارند (۱، ۲ و ۵). علاوه بر این، پروتئین‌ها و چربی‌ها عضلات در زمان تولیدمثل به غدد جنسی منتقل می‌شوند، به نوبه خود تغییری در ترکیب تقریبی به وجود می‌آید. ساردین ماهیان، ماهیانی چرب با ویژگی‌های تغذیه‌ای قابل‌توجهی هستند زیرا سطح بالایی از اسیدهای چرب امگا ۳ دارند (٦ و ۷). چربی ساردین به‌طور گسترده‌ای با فصل متفاوت است و عوامل دیگری مانند دما، تغذیه، سن، جنس، اندازه و غیره بر ترکیب چربی تأثیر می‌گذارد (٦ و ۸). محتوای چربی ساردین روغنی (*Sardinella longiceps*) در ماه‌های خرداد تا تیر حدود ٤-۳ درصد است و در ماه‌های آبان تا آذر به حدود ۱۸ درصد (۹). و در ساردین پیلچارد (*S. pilchardus*) تغییر چربی از ۱/۲ به ۱۸/٤ درصد افزایش می‌یابد (۱۰). مقدار چربی در ساردین *S. melanostidus* در بهمن (۱/۸ درصد) بسیار کم و در تیر تا شهریور (۷/۲ درصد) بالا بود (۱ و ۱۰). ساردین سند (*S. sindensis*) بومی خلیج‌فارس و دریای عمان می‌باشد با توجه به ارزش اقتصادی این

ماهیان می‌تواند راه‌حلی مناسبی بر افزایش سرانه مصرف آبزیان در کشور باشد و از آن‌جایی‌که ماهی به‌عنوان غذای سلامتی تبلیغ می‌شوند، اطلاعات در مورد ارزش غذایی و اثر تغییرات فصلی بر ترکیبات شیمیایی بدن آن‌ها بسیار مفید خواهد بود در این مقاله ارزش غذایی ماهی ساردین سند صید شده از منطقه قشم (ایران) و اثر تغییرات فصلی به‌مدت یک سال (۱٤۰۱) مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

۲ کیلوگرم ساردین (*S. sindensis*) هر ماه به‌مدت یک سال به جزء زمان‌های ممنوعیت صید (۲۵ اسفند تا ۱۵ فروردین، ۱ تیر تا ۱۵ مرداد) از جزیره قشم (استان هرمزگان) تهیه شد. ماهیان در آزمایشگاه شسته و طول (سانتی‌متر) و وزن (گرم) برای هر ماهی اندازه‌گیری شد. سپس بافت ماهی برای تعیین ارزش غذایی در ماه‌های نمونه‌گیری مورد استفاده قرار گرفت.

میزان رطوبت بافت ساردین براساس روش AOAC مقادیر رطوبت از طریق رابطه ۱ و بر اساس اختلاف وزن حاصل از قرار دادن نمونه‌ها به‌مدت ۲٤ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (۱۱).

$$\text{رطوبت}\ (\%) = \frac{(\text{وزن نهایی} - \text{وزن اولیه})}{\text{وزن اولیه}} \times 100 \qquad (۱)$$

سنجش پروتئین به روش کلدال، مورد تجزیه قرار گرفتند. برای تعیین درصد پروتئین موجود در نمونه‌ها، ۰/۵ گرم نمونه بافت ساردین سند درون لوله آزمایش مخصوص هضم ریخته شد، به هر لوله ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال، یک عدد قرص هضم حاوی سولفات مس و یا سولفات پتاسیم و چند قطره اکتان نرمال به عنوان ضد کف اضافه گردید. در هر سری کار با دستگاه ۲ لوله به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. حمام هضم دستگاه KEL PLUS – Elite ExVA قبلاً روشن و پس از قرار دادن لوله‌ها در دستگاه موردنظر، دمای کوره به تدریج به دمای ٤۲۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد تا هضم صورت گیرد. در هنگام هضم، نمونه‌ها ابتدا به رنگ قهوه‌ای و سپس به رنگ زرد شفاف در آمدند و در مرحله آخر تقریباً به رنگ آبی شفاف، که نشانه هضم کامل بود، درآمدند. این مراحل حدود ٤ ساعت به طول انجامید. پس از هضم نمونه‌ها و سرد شدن آن‌ها مقداری آب مقطر به هر لوله اضافه شد و در قسمت تیتراسیون دستگاه کلدال که تمام خودکار است قرار داده شد. به دستگاه سه ظرف حاوی اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، سود ٤۰٪ و آب مقطر وصل گردید که با توجه به میزان نیتروژن نمونه، دستگاه به‌طور خودکار از هر بطری به‌میزان موردنظر استفاده می‌کند. پس از چند دقیقه تیتراسیون نمونه‌ها صورت گرفته و درصد نیتروژن نمونه‌ها روی صفحه نمایشگر دستگاه ثبت شد، با ضرب این عدد در عدد ٦/۲۵، میزان پروتئین نمونه‌ها به‌دست آمد (۱۱).

برای تعیین انواع پروتئین، یک گرم از نمونه با ۲۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH خنثی) همگن و در سانتریفیوژ یخچال‌دار (اپندورف، ۵۸۰٤ آر، آلمان) با دور ۵۰۰۰ به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. مایع رویی جمع‌آوری شده، به‌عنوان پروتئین سارکوپلاسمی گزارش شد. به لوله آزمایش حاوی رسوب ۲۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH خنثی) حاوی ۰/۵ مولار کلرید پتاسیم اضافه شد و به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد سپس به مدت ۵ دقیقه در سانتریفیوژ یخچال‌دار با دور ۵۰۰۰ سانتریفیوژ شد. مایع رویی

جمع‌آوری و پروتئین ساختاری محاسبه شد. و در پایان به رسوب ۱۰ میلی‌لیتر سود ۰/۱ مولار اضافه شد و یک شب در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و به‌مدت ۵ دقیقه در سانتریفیوژ یخچال‌دار با ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. مایع رویی جمع‌آوری و پروتئین پیوندی محلول در قلیایی تخمین زده شد. ۱۰ میلی‌لیتر اسید استیک به رسوب اضافه شد و به‌مدت ۲ روز در دمای اتاق نگهداری شد، سانتریفیوژ شد و مایع رویی بخش پروتئین محلول در اسید را تشکیل می‌دهد (۱۲).

تعیین میزان خاکستر، ۰/۵ گرم از نمونه (که قبلاً در آون با دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت قرار گرفته بودند)، در کوره مافل با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ ساعت سوزانده شد. مقدار خاکستر از رابطه ۲، به‌دست آمد (۱۱).

$$\text{خاکستر } (\%) = \frac{(\text{وزن بوته چینی} - \text{وزن بوته همراه نمونه نهایی})}{\text{وزن نمونه}} \times 100 \quad (۲)$$

اندازه گیری کربوهیدرات، با انرژی حاصل از مواد غیر ازته (NFE) به کمک معادله‌های ۳ و ٤ محاسبه شد (۱۱). به دلیل این که میزان فیبر غیرقابل سنجش بود و به صفر نزدیک است، بنابراین کربوهیدرات با NFE برابر می‌باشد.

$$\text{NFE} = ۱۰۰ - (\text{پروتئین} + \text{چربی} + \text{خاکستر} + \text{رطوبت}) \quad (۳)$$

$$\text{میزان کربوهیدرات} = \text{NFE} + \text{میزان فیبر} \quad (٤)$$

اندازه‌گیری چربی کل با روش کلروفرم- متانول انجام شد (۱۳). ابتدا مقدار ۱۵ گرم نمونه را وزن کرده و به همراه ٦۰ ml متانول در دکانتور ریخته و به‌خوبی هموژن می‌شود. سپس مقدار ۳۰ ml کلروفرم افزوده و دکانتور تکان داده می‌شود. پس از ۵ دقیقه دوباره ۳۰ ml کلروفرم اضافه شده و به‌مدت ۲٤ ساعت در این حالت قرار گرفت تا چربی استخراج شود. بعد از ۲٤ ساعت برای جداسازی فازها ۳٦ ml آب مقطر اضافه شد. بعد از ۲ ساعت فاز زیرین در بالن سرسمباده‌ای جمع شده و در روتاری (LABORATA 4000، HeidoipH، آلمان) قرار گرفت تا حلال آن تبخیر شود و فقط روغن باقی بماند. روغن استخراج شده برای اندازه‌گیری درصد چربی و مقدار پراکسید مورد استفاده قرار گرفت و میزان چربی بر حسب درصد از طریق رابطه ۵ به‌دست آمد.

$$\text{درصد چربی} = \frac{(\text{وزن ظرف و چربی} - \text{وزن ظرف})}{\text{وزن نمونه}} \times 100 \quad (۵)$$

تعیین اسیدهای چرب روغن ساردین سند

فرآیند متیل استر: برای تهیه متیل استرهای اسید چرب (FAME)، مقدار مشخصی روغن (۰/۱ گرم) با افزودن ۵ میلی‌لیتر سود اتانولی (۰/۵ نرمال) و هگزان (۱ میلی‌لیتر) در یک ویال درپوش پیچی قرار داده شد. سپس ویال در حمام حاوی آب جوش به‌مدت ۱۰ دقیقه حرارت داده شد. پس از آن، ویال از حمام خارج شد و اجازه داده شد تا دمای نزدیک به اتاق خنک شود. پس از آن، ۲/۱۷۵ میلی‌لیتر تری فلوراید بور متانولی (BF3) به‌عنوان کاتالیزور

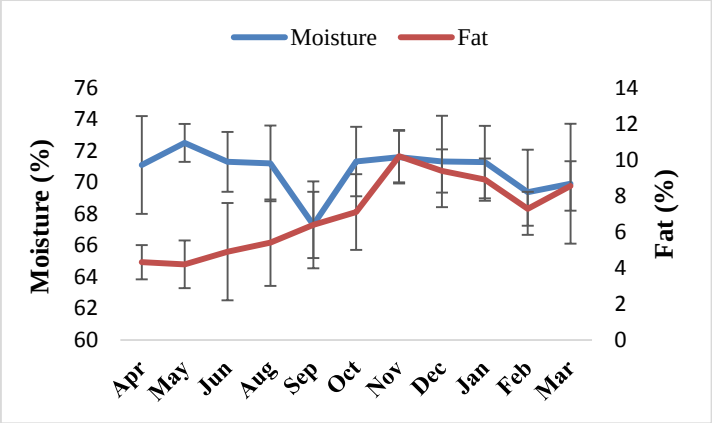
اضافه شد و ویال در حمام آب جوش دوباره گرم شد. پس از ۳ دقیقه، ویال خنک شد و ۱ میلی‌لیتر از کلرید سدیم اشباع و هگزان به ویال اضافه شد. درپوش روی ویال گذاشته شد و محتویات آن کاملاً تکان داده شد. برای شکستن فاز، ویال به‌مدت ۵ دقیقه استراحت داده شد و ۰/۲ میلی‌لیتر از متیل استرهای حاوی لایه هگزان بالایی گرفته شد (۱٤). سپس توسط کروماتوگرافی گازی (GC, Agilent 8890) مجهز به نمونه‌بر خودکار (سری B۷٦۸۳) و آشکارساز یونیزاسیون شعله (FID) استفاده گردید. دمای آشکارساز و محل تزریق به ترتیب ۲۸۰ و ۲٤۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. دمای اولیه ستون روی ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم و بعد از ۵ دقیقه، دمای ستون با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. به‌مدت ۱۰ دقیقه دما در این درجه باقی ماند و سپس با سرعت ۱ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از یک دقیقه با سرعت ۳۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. در انتها ستون به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد باقی ماند تا تمام ترکیبات از آن خارج گردد. یک انژکتور تقسیم شده (۵۰:۱) در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. FID هم‌چنین در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد. در این روش از گاز هلیم (با خلوص ۹۹/۹۹ درصد) به عنوان گاز حامل و گاز هیدروژن به‌عنوان سوخت، ازت (با خلوص ۹۹/۹۹ درصد) به‌عنوان گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. جهت تعیین نوع اسیدهای چرب (کیفی) از زمان ماند (بازداری) اسیدهای چرب استاندارد استفاده شد. هم‌چنین، جهت تعیین کمی (درصد) اسیدهای چرب موجود در روغن ماهی ساردین از نسبت سطح زیر پیک استفاده گردید. نتایج به صورت درصد سطح زیر پیک از کل تعریف و برحسب گرم در صد گرم گزارش شد (۱۵).

آنالیز آماری داده‌های جمع‌آوری‌شده در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۲ انجام شد. از آزمون ANOVA یک‌طرفه برای یافتن تفاوت در میانگین رطوبت، چربی، پروتئین و کربوهیدرات ساردین (*S. sindensis*) در ماه‌های نمونه‌برداری با استفاده از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

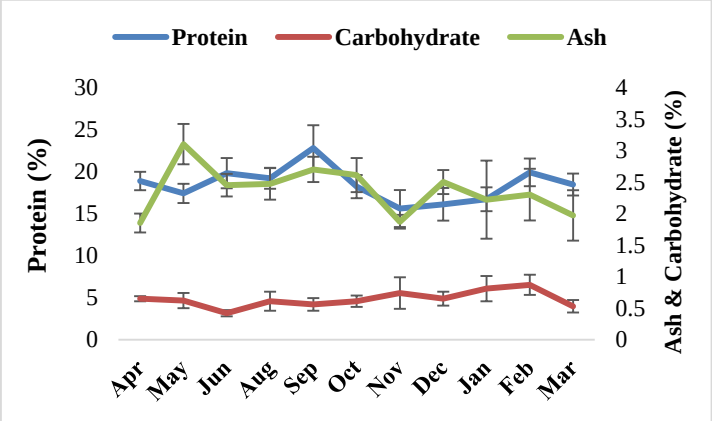
ترکیب شیمیایی بدن ماهی به دلایل فیزیولوژیکی و تغییرات در شرایط محیطی بسیار متفاوت است. میزان رطوبت ماهی مورد مطالعه از ٦۷/۳ تا ۷۲/۵ درصد متغیر بود (P<۰/۰۵) (شکل ۱). پروتئین بیش‌ترین مقدار ماده خشک را در ماهی تشکیل می‌دهد. محتوای پروتئین ساردین از ۱۵/۵۹ تا ۲۲/۸ درصد متغیر بود (شکل ۲). Stransby محتوای پروتئین را زمانی که بیش‌تر از ۱۵ درصد باشد به‌عنوان سطح پروتئین بالا طبقه‌بندی کرد. بر این اساس، این ساردین به‌عنوان یک ماهی با سطح پروتئین بالا طبقه‌بندی می‌شود، زیرا محتوای پروتئین آن در طول سال بیش از ۱۵ درصد بود (۱ و ۱٦). محتوای کربوهیدرات در ساردین بسیار کم، بین ۰/٤۲ تا ۰/۸۷ درصد بود (شکل ۲). محتوای کربوهیدرات در آبزیان به‌طورکلی کم است. محتوای کم کربوهیدرات در ماهی نشان می‌دهد که گلیکوژن موجود در حیوانات دریایی به‌طور قابل‌توجهی به کل ذخایر بدن کمک نمی‌کند. میزان خاکستر موجود در ماهی نشان‌دهنده میزان مواد معدنی ماهی است. محتوای خاکستر از ۱/۸۵ تا ۳/۱ درصد متغیر بود (شکل ۲). نمونه ساردین صید شده در اردیبهشت ۱٤۰۱ بیش‌ترین میزان خاکستر را به خود اختصاص داد. ساردین سند دارای تنوع در محتوای چربی از ٤/۲ تا ۱۰/۲ درصد بود. بیش‌ترین میزان چربی در ماه‌های آبان (۱۰/۲ درصد)، آذر (۹/۳۸ درصد) و دی (۸/۹

درصد) گزارش شد (شکل ۱). پژوهش‌های مشابه با نتایج بالا در محتوای چربی (از ۱/۹ تا ۸/٤ درصد) ساردین (*S. gibbosa*) از سواحل کراچی، پاکستان و با غلظت بالای چربی در ساردین (*S. longiceps* و *S. fimbriata*) از آب‌های Cochin گزارش شده است (۱، ۲۲ و ۲٤). غلظت بالای چربی در ماه‌های آبان، آذر و دی مشاهده شد که می‌تواند به‌دلیل کاهش دمای آب دریا به ۲٦-۲۷ درجه سانتی‌گراد باشد. ماهیانی مانند ساردین برای زنده ماندن در دمای پایین میزان چربی خود را افزایش می‌دهند. روند افزایشی محتوای چربی ساردین مورد مطالعه با کاهش میزان رطوبت در ماهی همراه شد. محتوای چربی آبزیان به گونه، رژیم غذایی، منشاء جغرافیایی، فصل و زمان تولیدمثل بستگی دارد (۱۷). مطالعات نشان داد که پلانکتون هم‌چنین بر ترکیب چربی و اسیدهای چرب ساردین تأثیر می‌گذارد (۸، ۱۸ و ۱۹). حدود ۱۰ درصد تنوع در ترکیب شیمیایی ماهیان، براساس فصل صید گزارش شد. ماهیان طی دوره بلوغ جنسی مقدار تغذیه خود را کاهش می‌دهند، بنابراین اسیدهای چرب ضروری و سایر مواد مغذی مورد نیاز برای رشد تخمدان و تولیدمثل را از ذخایر موجود در بدن می‌گیرند. این مطالعه نشان داد که تغییرات فصلی در ترکیبات شیمیایی بدن ماهی ساردین تحت‌تأثیر عوامل زیادی از جمله تغذیه است (۸ و ۲۰).



شکل ۱- میزان رطوبت و چربی ساردین سند (***Sardinella sindensis***).

Figure 1. Moisture and fat content of *Sardinella sindensis*.



شکل ۲- میزان پروتئین، کربوهیدرات و خاکستر ساردین سند (***Sardinella sindensis***).

Figure 2. Protein, carbohydrate and ash content of *Sardinella sindensis*.

جدول ۱ میزان پروتئین‌های سارکوپلاسمی، ساختاری و پیوندی نمونه‌های ساردین جمع‌آوری‌شده در اسفند ۱۴۰۱ به‌ترتیب، ۲۲/۹۵ درصد، ۷۳/۸۱ درصد و ۳/۲۴ درصد گزارش شد.

جدول ۱- نوع و میزان پروتئین در ساردین سند (*S. sindensis*) در اسفند ۱۴۰۱.

Table 1. Type and amount of protein in *S. sindensis* in March 2022.

Type of protein	Sarcoplasmic	Myofibrilic	Stroma
Amount (%)	22.95	73.81	3.24

محتوای پروتئین سارکوپلاسمی ماهی ۳۰-۲۵ درصد پروتئین، پروتئین میوفیبریلار (اکتین، میوزین، تروپومیوزین و اکتومیوزین) ۷۰ تا ۸۰ درصد از کل محتوای پروتئین و پروتئین‌های بافت همبند (کلاژن) ۳ درصد پروتئین را تشکیل می‌دهد (۱، ۳ و ۱۷). پروفایل اسیدهای چرب ساردین (از C14:0 تا C22:6ω3) برای اسفند ۱۴۰۱ (جدول ۲) نشان داد که اسید چرب اشباع شده ۴۵/۷۸ درصد گزارش شد که بخش اعظم (۲۰/۷۴ درصد) آن از پالمتیک اسید تشکیل شده است. استئاریک اسید (۱۸/۳۲ درصد) از دیگر اسید چرب می‌باشد که پس از پالمتیک اسید در جایگاه دوم در گروه اسیدهای چرب اشباع (SFA) قرار دارد. پالمتیک اسید اصلی‌ترین اسید چرب اشباع شده در چربی بسیاری از گونه‌های ماهی دریایی (سوف، ساردین، آنچوی و غیره) است که حدود ۷۰ درصد از کل SFA، را تشکیل می‌دهد (۱۷ و ۲۴). اسید پالمتیک (C16:0) به‌عنوان اسید چرب اشباع غالب در ساردین (*S. gibbosa*) از سواحل کراچی پاکستان گزارش شد (۱). علاوه‌بر این، اسید استئاریک (C16: 0) یک متابولیت کلیدی ماهی است و به نظر نمی‌رسد تحت‌تأثیر رژیم غذایی باشد. در مطالعه حاضر اسید چرب تک غیراشباع اصلی اسید اولئیک (C18:1ω9)، ۱۶/۱۱ درصد بود. با این‌حال، مطالعات قبلی نشان داده‌اند که اسید اولئیک MUFA غالب در چربی بسیاری از گونه‌های ماهیان دریایی است که ۶۰ تا ۷۵ درصد از MUFA، را تشکیل می‌دهد (۱۹، ۲۳ و ۲۴). سطح بالای C18:1ω9 در ماهی موردمطالعه، مطابق با یافته‌های Ackman، که گزارش داد MUFA در چربی‌های دریایی معمولاً حاوی ۱۸ اتم کربن است (۱ و ۲۵). میزان کل PUFA در ساردین سند ۳۲/۳۴۳ درصد بود که حدود ۱۴/۸۹۴ درصد از این مقدار امگا- ۳، امگا-۶ (۱۶/۱۰۳ درصد) و امگا-۹ (۱۸/۲۵۸ درصد) بود در میان PUFA، EPA و DHA نقش مهمی در تغذیه برای سلامت انسان دارند و هر دو امگا-۳ غالب در ساردین سند به‌ترتیب، ۵/۰۴۲ و ۳/۲ گزارش شد. مقدار آراشیدونیک اسید (C20:4n-6) در روغن ساردین (*S. sindensis*) ۲/۲۴ درصد بود که ممکن است برای مصرف‌کنندگان مبتلا به بیماری قلبی عروقی به دلیل اثرات متضاد بر مزایای سلامتی اسیدهای چرب n-3 مفید باشد. EPA ضروری‌ترین اسید چرب سری n3 در رژیم غذایی انسان است زیرا پیش‌ساز ایکوزانوئیدهای سری ۳ است (۲۳ و ۲۶). کاهش تعداد مرگ و میر ناشی از بیماری عروق کرونر قلب در افرادی که ماهی حاوی مقدار قابل‌توجهی اسیدهای چرب n-3 مصرف می‌کردند، ثبت شده است. EPA و DHA فقط در غذاهای دریایی یافت می‌شوند و دارای خواص مفید متعددی برای پیشگیری از بیماری‌های عروق کرونر انسان هستند، بنابراین رژیم غذایی ماهی به عنوان یک جزء کلیدی برای سلامت انسان پیشنهاد می‌شود. بنیاد تغذیه بریتانیا (۱۹۹۲) هم‌چنین توصیه کرده است که افرادی که رژیم غذایی متعادل و سالم دارند روزانه ۰/۲ گرم EPA + DHA به‌صورت هفتگی مصرف کنند (۲۷).

جدول ۲- پروفایل اسیدهای چرب ساردین سند (***Sardinella sindensis***).

Table 2. Fatty acid profile of Sind sardine (*Sardinella sindensis*).

مقدار (٪) Amount (%)	فرمول شیمیایی Chemical formula	نوع اسید چرب Type of fatty acid	
4.091	C14:0 (Myristic)	SFA	
0.183	C15:0 (Pentadecanoic)		
20.74	C16:0 (Palmitic)		
1.25	C17:0 (Margaric)		
18.32	C18:0 (Stearic)		
1.2	C20:0 (Arachidic)		
1.014	C16:1 ω_7 (Palmitoleic)	ω_7	MUFA
3.947	C18:1 ω_7		
16.11	C18:1 ω_9 (Oleic)	ω_9	
0.802	C20:1 ω_9 (Eicosenoic)		
1.209	C18:3 ω_3 (α-Linolenic)	ω_3	PUFA
2.237	C20:3 ω_3 (Eicosatrienoate)		
1.463	C20:4 ω_3 (Eicosatetraenoic)		
5.041	C20:5 ω_3 (EPA)		
1.744	C22:5 ω_3 (DPA)		
3.2	C22:6 ω_3 (DHA)		
7.018	C18:2 ω_6 (Linoleic)	ω_6	
1.298	C18:3 ω_6 (γ-Linolenic)		
1.875	C20:2 ω_6 (Eicosadienoic)		
1.965	C20:3 ω_6 (Homo-g-linolenic)		
2.24	C20:4 ω_6 (ARA)		
0.876	C22: 4 ω_6 (DTA)		
0.831	C22:5 ω_6		
1.346	C20:3 ω_9 (mead's acid)	ω_9	
45.784	∑SFA		
21.873	∑MUFA		
32.343	∑PUFA		
14.894	$\sum\omega_3$		
16.103	$\sum\omega_6$		
18.258	$\sum\omega_9$		
0.92492	ω_3/ω_6		
8.241	EPA + DHA		

نتیجه‌گیری

از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات پروتئین، چربی، کربوهیدرات و خاکستر در ساردین، *S. sindensis*، متفاوت و متنوع است. بیش‌ترین مقدار چربی در نیمه دوم سال یعنی ماه‌های آبان تا اسفند ۱۴۰۱ (٦/۲۸ تا ۱۰/۲ درصد) گزارش شد و کم‌ترین میزان چربی در نیمه اول سال به‌ویژه در اردیبهشت (٤/۲ درصد) گزارش شد. این مطالعه اطلاعات خوبی در مورد ارزش غذایی ساردین *S. sindensis* طی یک سال ارائه کرده است که بر این اساس می‌توان بهترین زمان صید، بهره‌برداری و مصرف این گونه از آبزیان را مشخص نمود. تغییرات در محتوای چربی ساردین سند در مقایسه با محتوای پروتئین، کربوهیدرات و خاکستر بیش‌تر بود.

منابع

1. Bagthasingh, C., Aran, S. S., Vetri, V., Innocen, A., & Kannaiyan, S. K. (2016). Seasonal variation in the proximate composition of sardine (*Sardinella gibbosa*) from Thoothukudi coast.
2. Biton-Porsmoguer, S., Bou, R., Lloret, E., Alcaide, M., & Lloret, J. (2020). Fatty acid composition and parasitism of European sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) populations in the northern Catalan Sea in the context of changing environmental conditions. *Conservation Physiology*, 8(1), coaa121.
3. Šimat, V., Hamed, I., Petričević, S., & Bogdanović, T. (2020). Seasonal changes in free amino acid and fatty acid compositions of sardines, (*Sardina Pilchardus* Walbaum, 1792): Implications for nutrition. *Foods*, 9(7), 867.
4. Mkadem, H., & Kaanane, A. (2020). Seasonal changes in chemical composition and fatty acids of sardines (*Sardina pilchardus*) from the Dakhla coast (Morocco). *Journal of Agricultural Sciences*, 1(3). *Mor. J. Agri. Sci.* 1(3), 161-170, May 2020.
5. Bandarra, N. M., Marçalo, A., Cordeiro, A. R., & Pousão-Ferreira, P. (2018). Sardine (*Sardina pilchardus*) lipid composition: Does it change after one year in captivity?. *Food chemistry*, 244, 408-413.
6. Vargas-Yáñez, M., Giráldez, A., Torres, P., González, M., García-Martínez, M. D. C., & Moya, F. (2020). Variability of oceanographic and meteorological conditions in the northern Alboran Sea at seasonal, inter-annual and long-term time scales and their influence on sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792) landings. *Fisheries Oceanography*, 29(5), 367-380.
7. Barakat, I., Saad, A., & Nisafi, I. (2022). Influence of seasonal variation on the biochemical composition of both sexes of the round sardinella, *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) caught in the marine water of Lattakia Governorate (Syria). *Journal of Materials and Environmental Science*, 13(7), 747-775.
8. Chouvelon, T., Violamer, L., Dessier, A., Bustamente, P., Mornet, F., Pignon-Mussaud, C., & Dupuy, C. (2015) Small pelagic fish feeding patterns in relation to food resource 707 variability: an isotopic investigation for *Sardina pilchardus* and *Engraulis* 708 *encrasicolus* from the Bay of Biscay (north-east Atlantic). *Mar Biol*. 162, 15-37.
9. Tufan, B., Mısır, G. B., & Köse, S. (2018). Comparison of seasonal fatty acid composition in relation to nutritional value of three commercial fish species caught from different zones of Eastern Black Sea. *Aquatic Sciences and Engineering*, 33(1), 11-19.
10. Veron, M., Duhamel, E., Bertignac, M., Pawlowski, L., & Huret M (2020) Major changes in 925 sardine growth and body condition in the Bay of Biscay between 2003 and 2016: 926 Temporal trends and drivers. *Progr Oceanogr*. 182, 102274.
11. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. 18th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
12. Hashimoto, K., Watanabe, S., Kono, M., & Shiro, K. (1979). Muscle protein composition of sardine and mackerel, *Bull. Jpn. Soc. Sci.* 45, 1435-1441.
13. Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911-917.
14. Metcalfe, L., Schmitz, A. A., & Pelka, J. A. (1966). Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas, chromatography. *Analytical Chemistry*, 38, 514-515.
15. Suseno, S. H., Jacoeb, A. M., Bija, S., Fitriana, N., & Ruspatti, N. P. (2016). The effect of citric acid and sodium chloride (NaCl) to quality of sardine oil (*Sardinella* sp.). *Pakistan Journal of Biotechnology*, 13(3), 181-186.

16. Stansby, M. E. (1962). Proximate composition of fish, (London: Fishing News Ltd).
17. Gencbay, G., & Turhan, S. (2016). Proximate composition and nutritional profile of the black sea anchovy (*Engraulis encrasicholus*) whole fish, fillets, and by-products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25(6), 864-874.
18. Öğretmen, Ö. Y. (2022). The effect of migration on fatty acid, amino acid, and proximate compositions of the Black Sea anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linne 1758) from Turkey, Georgia, and Abkhazia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104197.
19. Benguendouz, A., Bouderoua, K., Bouterfa, A., Belabes, M., Bekada, A., Sioriki, E., & Zabetakis, I. (2017). Fatty acid profile and assessment of heavy metals content of *Sardina pilchardus* captured in the Algerian coast. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 16(3), 1021-1029.
20. Bouderoua, K., Mourot, J., Benhemdi-Tabet-Aoull, F., & Selseft-Attou, G. (2011). The Effects of Season and Site of Catch on Morphometric Characteristics, Mineral Content, and Fatty Acids of Sardines (*Sardina pilchardus*) Caught on the Algerian Coast. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20, 412-420.
21. Zlatanos, S., & Laskaridis, K. (2007). Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish – sardine (*Sardina pilchardus*), anchovy (*Engraulis encrasicholus*) and picarel (*Spicara smaris*). *Food chemistry*, 103, 725-728.
22. Kudale, R. G., & Rathod, J. L. (2015). Nutritional value of fringe scale sardine, *Sardinella fimbriata* (Cuv. and Val.) from Karwar waters. *Int. J. Fish Aquat. Stud*, 3, 6-9.
23. Bahurmiz, O. M., Adzitey, F., & Ng, W. K. (2017). Nutrient and fatty acid composition of the flesh of oil sardine (*Sardinella longiceps*) and Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) from Hadhramout coast of the Arabian Sea, Yemen.
24. Som, C. R., & Radhakrishnan, C. K. (2013). Seasonal variation in the fatty acid composition of *Sardinella longiceps* and *Sardinella fimbriata*: Implications for nutrition and pharmaceutical industry.
25. Ackman, R. G. (1982). Fatty acid composition of fish oils, in nutritional evaluation of long chain fatty acids in fish oil, (Academic Press Inc., London).
26. Meimaroglou, S. M., Dimizas, C., Loukas, V., Moukas, A., Vlachos, A., & Thomaidis, N. (2007). Proximate composition, fatty acids, cholesterol, minerals in frozen red porgy, *Chem. Phy. Lipids.* 146, 104-110.
27. Chen, I. C., Chapman, F. A., Wei, C. I., Porteir, K. M., & O'Keefe, S. F. (1995). Differentiation of cultured and wild sturgeon (*Acipencer oxyrinchus desotoi*) based on fatty acid composition, *J. Food Sci.* 60, 631-635.