(DOI): 10.22092/ISFJ.2025.133929 34(2) 1-15 Iranian Scientific Fisheries Journal

Influence of different cooking methods on the lipid and essential polyunsaturated fatty acids (omega-3) contents of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) fillet

Razaghian Rostami G.R.[1,2*]; Nasrollehzadeh Saravi H.[2]; Hedayati Fard M.[1]; Safari R.[2]; Firouzkandian S.[2]; Ranjebar V.[2]

*Rostamireza5@yahoo,com

1-Agriculture Faculty, Azad University Ghaemshahr Branch, Ghaemshahr, Iran
2-Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

Received: January 2025 Accepted: May 2025 Published: July 2025

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Introduction

Seafood is an excellent source of high-quality protein, essential fatty acids, vitamins, and minerals. In terms of fish quality, the most basic element is to measure the approximate composition of the flesh along with its fatty acid composition (Hedayati Fard and Miri, 2017). The bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) is one of the most important warm-water fish species in the world, which has a special place in multi-species culture systems worldwide due to its high adaptability (Dadras *et al*., 2011). Fish oil contains high amounts of essential unsaturated fatty acids such as eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and 5 to 6 double bonds, essential minerals and vitamins (El-Lahamy *et al*., 2019). Humans obtain most of their essential fatty acids, especially EPA and DHA, from the consumption of fish, aquatic invertebrates and macroalgae (Hedayati Fard and Miri, 2017). In modern societies, meat is almost always cooked before consumption. Heating is a common method for food processing. Heat (boiling, steaming, frying, microwave, etc.) in foods inactivates pathogenic microorganisms and lipolytic enzymes, improves sensory quality (smell and taste), increases digestibility, and increases shelf life. Most changes in quality issues in cooked fish products are directly related to the quality of the initial raw material. Heating is one of the common methods in food processing. In research conducted on different cooking methods, the fatty acid composition of Biyah fish oil treated with fennel alcoholic extract was studied. The results showed that the oven-baked sample had the lowest moisture (51.97%) and the highest protein (39.69%) during cooking (Ramzani *et al*., 2016). Different cooking methods affect the quality characteristics of fish, including texture, taste, smell, color, and overall acceptance (Momenzadeh *et al*., 2017). The purpose of the research is to measure different cooking methods (grilling and frying) that cause significant changes in the quality indicators and fatty acid compositions of bighead carp fillets. Considering the above, the nutritional value of bighead carp was determined by applying different cooking methods and the

effect of these cooking methods on the fatty acid analysis of the fillets, in order to introduce the best cooking method.

Methodology

Frying method: Fish fillets were fried in oil at 180°C for 8 minutes (Zakipur Rahimabadi and Bakr, 2011). Oven roasting method: Oven roasting (UN55, Memmert, GR) was performed at 180°C for 30 minutes (Hedayatifard and Miri, 2017). Approximate compounds measurement: Moisture weighing was performed by oven drying at 105°C (Avak and Glaser, 2005). The protein samples were analyzed using the Kjeldahl method (Avak and Glaser, 2005). Fat weighing was performed using the Soxhlet method (Bilgin *et al.*, 2010). Ash measurement was determined by the 190°C oven method (Avak and Glaser, 2005). The measurement of (PV) peroxide values was performed by iodine titration method (Ronald and Ronald, 1991). Thiobarbituric acid (TBA) was measured colorimetrically (Hedayatifard and Miri, 2017). Total volatile bases-nitrogen (TVB-N) was measured by the Kjeldahl method (Hedayatifard and Miri, 2017). Identification of fatty acid profiles and composition was performed using a gas chromatography (Agilent Technol 7890-GC) equipped with a flame ionization detector (FID) with a capillary tube and a column of 50 m × 0.25 mm and 0.2 μm (Hedayatifard and Miri, 2017). Study The ratios of PUFA/SFA and MUFA/SFA fatty acids were investigated (Brimani *et al*.,2021). The nutritional quality index of EPA+DHA and the n-3/n-6 ratio were examined as an important index for comparing the nutritional value of fish oil in the present study (Bayir *et al*.,2006). Index (PI), index (HH), atherogenic index (AI) and thrombogenic index (TI) were investigated in raw, fried and oven-baked fillets. (Brimani *et al*.,2021). The data analysis and variance homogeneity were performed by the (ON-WAY ANOVA) method.

Results

The results of the moisture content study showed that it was significantly higher in raw fish than in other cooking methods (76.86%), and the lowest moisture content was observed in fried fish (66.62%) (p<0.05). The results showed that the percentage of protein in fried fish was significantly higher than other cooking methods (26.26%), and the lowest protein levels were observed in the raw fish treatment (19.60%) (p<0.05). The results showed that the percentage of fat in fried fish was significantly higher than other cooking methods (70.3%). The lowest fat levels were observed in the oven-baked fish treatment (17.1%) (p<0.05). The results showed that the ash content in oven-cooked fish (kebab) was significantly higher than other cooking methods (2.77%), and the lowest ash content was observed in raw fish treatment (1.90%) (p<0.05). The results of the peroxide value PV study showed that it was significantly higher in fried fish than in other cooking methods (386.3 milliequivalents per kilogram of fat) (p<0.05), and the lowest peroxide value was observed in the raw fish treatment (0.94 milliequivalents per kilogram of fat) (Figure 5) (p<0.05). The results of the study showed that the levels of thiobarbituric acid in fried fish were significantly higher than those in other cooking methods (2.04 mg malondialdehyde/kg acid) (p<0.05), and the lowest levels of thiobarbituric acid were observed in the raw fish treatment (0.54) (Figure 6) (p<0.05). The results of the study showed that the total volatile nitrogen bases TVB-N in fried fish were significantly higher than other cooking methods (17.10 mg/100 g) (p<0.05), and the lowest values of volatile nitrogen bases were observed in the raw fish treatment (10.35 mg/100 g) (Figure 7)

(p<0.05). Results related to the amounts of saturated fatty acids (SFA) in raw and cooked fish by different cooking methods identified five types of saturated fatty acids (C14:0, C16:0, C18:0, C20:0 and C22:0) (Table 1). Results of the study of polyunsaturated fatty acids (PUFA) identified 6 types of acids (C18:2n-6, C18:3n-3, C20:3n-6, C20:3n-3, C20:5n-3 (EPA), C22:6 n-3 (DHA) (Table 1). In the study of monounsaturated fatty acids (MUFA), 3 types of monounsaturated fatty acids were identified (C16:1, C18:1, and C20:1) (Table 1). The results of the composition of PUFA/SFA fatty acids showed that the minimum recommended value, i.e. 0.4, was higher (Brimani *et al*., 2021). The MUFA/SFA ratio for all 3 treatments showed that the highest amount was related to fried fish and the lowest amount was related to grilled fish (Table 2) (Hosseini *et al*., 2014). The DHA index was higher in raw fish than in cooked fish, and the lowest values were observed in fried fish (Table 2). The n-3/n-6 index was shown in 3 treatments. The lowest n-3/n-6 ratio was observed in fried samples and the highest n-3/n-6 ratio was observed in raw fillets (Table 2) (Bayir *et al*., 2006). The lowest values of pi were observed in fried fish (Table 2) (Brimani *et al*., 2021). The HH index in all 3 treatments was within the appropriate range (Table 2) (Brimani *et al*., 2021). The atherogenic index (AI) and thrombogenic index (TI) were very low in 3 samples (Table 2) (Brimani *et al*., 2021). As a result of the present study, grilling is a more suitable method for cooking fish and the fish has an acceptable nutritional value.

Discussion and conclusion

Maintaining the nutritional value of fish can be achieved by using appropriate cooking methods (Uran and Gokoglu, 2014). The decrease in moisture is due to denaturation of the protein structure and evaporation of water (Delfieh *et al*., 2013). The increase in protein in the fried treatment (kebab) is due to the decrease in moisture content of the samples compared to the relative increase in other components and the dissolution of some nitrogen (De Castro *et al*., 2007). The increase in fat in the fried sample is due to the decrease in meat juice due to evaporation and penetration of oil into the tissue (Qayumi *et al*., 2011). The increase in ash in the cooked sample is due to the decrease in moisture and increase in dry matter and the absence of minerals in the thermal process (Abroomand and Masoudi, 2012). The increase in peroxide in the fried sample is due to the increase in temperature. In fact, in the frying method, the production of free radicals is greater and they attack fatty acids more quickly and cause the production of hydroperoxides (Ozogul *et al*., 2009). The high content of thiobarbituric acid in fried samples and the low content in raw samples is due to the high temperature, malonaldehyde level and fat oxidation increase (Campo *et al*., 2006). An increase in (TVB-N) was observed in fried fish and its decrease in raw treatment. This is due to the thermal processing of the samples, which causes the decomposition of proteins, amino acids and other nitrogenous compounds (Mohan *et al*., 2006). Suggestions: 1- The effect of using natural preservatives on the fat content of fish cooked in different ways. 2- The effect of frying oils from different sources of oil plants on the quality of fish fillets.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest

Acknowledgment

The authors wish to convey their heartfelt appreciation to all colleagues who supported and facilitated the experiment's necessary infrastructure.

مجله علمی شیلات ایران ۱۵-۱ (۲) ۳٤ (DOI): 10.22092/ISFJ.2025.133929

مقاله علمی – پژوهشی:

تأثیر انواع روش‌های پخت در میزان چربی و اسیدهای چرب چندغیراشباع ضروری (امگا–۳) فیله ماهی کپور سرگنده (*Hypophthalmichthys nobilis*)

غلامرضا رازقیان رستمی*[۱،۲]، مسعود هدایتی‌فرد[۱]، حسن نصراله‌زاده ساروی[۲]، رضا صفری[۲]، شراره فیروزکندیان[۲]، وحید رنجبر[۲]

*Rostamireza5@yahoo,com

۱-گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران
۲-پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱٤۰۳ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱٤۰٤ تاریخ چاپ: تیر ۱٤۰٤

چکیده

ماهی بیگ هد پرورشی (*Hypophthalmichthys nobilis*) با وزن متوسط ۱۰۰±۷۰۰ گرم از یک مزرعه پرورش ماهی تهیه و به آزمایشگاه فرآوری پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انتقال داده شد. نمونه‌ها پس از فیله شدن، با روش، سرخ کردن (با روغن آفتابگردان) و کبابی کردن در آون پخته شدند. سپس از لحاظ شاخص‌های شیمیایی (پروتئین خام، چربی خام، رطوبت و خاکستر) و پروفایل اسیدهای چرب با استفاده از کروماتوگرافی گازی و شاخص‌های اکسیداسیون (عدد پراکسید، تیوباربیوتیک اسید و بازهای نیتروژنی فرار)، فیله ماهی خام و پخته شده اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت، چربی خام، پروتئین خام و خاکستر در نمونه شاهد ماهی بیگ هد به‌ترتیب، ۷۶/۸۶، ۱/۴۹، ۱۹/۰۶ و ۱/۹۱ درصد بود. اعمال روش‌های متفاوت پخت سبب کاهش رطوبت حدود ۱۰-۶ درصد، افزایش پروتئین حدود ۷-۵ درصد شد و مقادیر چربی در ماهی سرخ شده به میزان ۲ درصد افزایش یافت. تمامی روش‌های پخت موجب افزایش شاخص‌های اکسایشی چربی شدند ($P<0/05$). سرخ کردن موجب افزایش مقادیر پراکسید (۳/۸۶ میلی اکی والان/ کیلوگرم چربی)، تیوباربیتوریک اسید (۲/۰۴میلی گرم آلدهید اسید) و بازهای نیتروژنی فرار (۱۹/۲۰ میلی گرم/ صد گرم) گردید. مقادیر اسید چرب در روش کبابی در اکثر موارد اختلاف معنی‌داری با فیله خام نداشت. کبابی کردن نیز تأثیری بر نسبت امگا ۳ به امگا ۶ نداشت ($P>0/05$). دربین روش‌های مختلف پخت، سرخ کردن موجب کاهش شدید اسید های چرب غیراشباع از ۲۲/۶۳ (ماهی خام) به ۱۶/۷۲ درصد و برعکس افزایش قابل‌توجه اسید چرب تک غیر اشباع از ۴۰/۶۲ (ماهی خام) به ۴۳/۵۳ درصد شد که می‌تواند ناشی از نفوذ نوع روغن مایع مصرفی به درون بافت ماهی باشد. کاهش نسبت امگا ۳ به امگا ۶ و افزایش نسبت اسید چرب اشباع به اسید چرب تک غیر اشباع و اسید چرب اشباع به اسید چرب چند غیر اشباع در ماهی سرخ شده مشاهده شد. کاهش معنی‌داری در میزان EPA و DHA نمونه‌های سرخ شده مشاهده گردید ($p<0/05$). بنابراین، پخت به روش کباب کردن روش مناسب‌تری جهت حفظ ارزش تغذیه‌ای فیله ماهی کپور سرگنده ماهی نسبت به سایر روش‌های پخت است.

لغات کلیدی: اکسیداسیون، اسید چرب، شاخص‌های شیمیایی، روش‌های پخت، *Hypophthalmichthys nobilis*

*نویسنده مسئول

مقدمه

ماهی کپور سر گنده (*Hypophthalmichthys nobilis*) یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی ماهیان گرمابی در جهان است که به لحاظ سازگاری بالا، در سیستم‌های پرورشی چند گونه‌ای دنیا، دارای جایگاه ویژه‌ای است (Dadras *et al.*,2011). آبزیان منبع بسیار مناسبی از پروتئین با کیفیت بالای اسیدهای چرب ضروری ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند. مطالعه ترکیبات بیوشیمیایی و ارزش غذایی اهمیت زیادی دارد که در مورد ماهی، سنجش ترکیب تقریبی گوشت آن به همراه ترکیب اسیدهای چرب، از اساسی‌ترین آنهاست (Hedayatifard and Miri, 2017). چربی ماهی‌ها به دلیل مقدار بالای اسیدهای چرب غیر اشباع و ۶-۵ پیوند دوگانه مورد توجه خاص قرار گرفته‌اند. گوشت انواع ماهیان دارای مواد معدنی ضروری ویتامین‌ها و اسیدهای چرب غیر اشباع ضروری به‌خصوص اکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) است (El-Lahamy *et al.*, 2019). در واقع، غذاهای دریایی منبع اصلی اسیدهای چرب غیر اشباعی (PUFA) هستند. از این‌رو، انسان بخش عمده اسیدهای چرب ضروری به‌ویژه EPA و DHA را از مصرف ماهی، بی‌مهرگان آبزی و ماکرو جلبک‌ها به‌دست می‌آورد (Hedayatifard and Miri, 2017). مصرف منظم روغن ماهی باعث بهبود ورم مفاصل می‌شود. خطر پیشرفت سرطان سینه و سرطان روده بزرگ و سرطان پروستات را کاهش می‌دهد. مقادیر پایین و کم از اسید چرب امگا ۳ با افسردگی در ارتباط است (Nejat Pirsaraii *et al.*, 2021). در جوامع مدرن گوشت تقریباً همیشه پیش از مصرف پخته می‌شود. حرارت‌دهی یکی از روش‌های متداول در فراوری مواد غذایی است. گرما (آب‌پز، بخارپز، سرخ کردن، مایکروویو و ...) در مواد غذایی منجر به غیر فعال شدن فعالیت میکروارگانیسم‌ها بیماری‌زا و آنزیم‌های لیپولتیک، بهبود کیفیت حسی (بو و طعم)، افزایش قابلیت هضم و افزایش ماندگاری می‌گردد. بیشترین تغییرات مسائل کیفی در تولیدات ماهی پخته شده در ارتباط مستقیم با کیفیت ماده خام اولیه است. روش‌های مختلف پخت بر خصوصیات کیفی ماهیان از جمله بافت، طعم، بو، رنگ و پذیرش کلی تأثیر دارد (Momenzadeh *et al.*,2017). با توجه به مطالب مذکور، هدف از این تحقیق، تعیین ارزش غذایی کپور سرگنده با اعمال روش‌های متفاوت پخت و تأثیر این روش‌های پخت بر تجزیه‌وتحلیل اسیدهای چرب فیله‌ها، به منظور معرفی بهترین روش پخت است.

مواد و روش کار

آماده‌سازی مواد اولیه

مقدار ۲۰ کیلوگرم از ماهی کپور سرگنده پرورشی با وزن متوسط ۱۰۰±۷۰۰ گرم به صورت تازه از استخر پرورش ماهی تهیه شد. نمونه‌های تهیه شده پس از شستشو در داخل جعبه‌های یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه فرآوری پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انتقال داده شد. نمونه‌ها پس از سرزنی و شستشو مجدد به قطعاتی با ضخامت ۲ سانتی‌متر و وزن ۱۰۰ گرم بریده شدند. بخشی از نمونه‌ها به عنوان نمونه خام (شاهد) و فرایند پخت سایرین با شیوه سرخ کردن، کباب کردن در آون، انجام شد.

روش سرخ کردن

فیله ماهی به مدت ۸ دقیقه در روغن مخصوص سرخ کردن (روغن آفتابگردان) سرخ شد. بدین‌ترتیب که روغن به مدت ۲ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در سرخ کن (Tefal Azura) حرارت داده شد و سپس نمونه‌ها در روغن قرار داده شدند و فرایند سرخ کردن انجام شد. سپس به آهستگی در ظرف استیل ضد زنگ به مدت ۲ دقیقه خشک شده و ۲۵ دقیقه سرد شدند (Zakipur Rahimabadi and Bakr, 2011).

روش کباب کردن در آون

کباب کردن در آون (UN55, Memmert, GR) در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه صورت پذیرفت و به مدت ۵ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد. سپس نمونه‌ها در ظرف شیشه‌ای داخل آون قرار داده شده و فرایند پخت انجام شد (Hedayatifard and Miri, 2017).

سنجش ترکیبات تقریبی

رطوبت با روش خشک کردن در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد انجام گرفت. و عمل خشک شدن تا زمانی ادامه یافت که تغییر وزن محسوسی در نمونه دیده نشد و میزان رطوبت از رابطه ذیل محاسبه شد (Avak and Glaser, 2005):

۱۰۰×(وزن اولیه/وزن بوته چینی – وزن نهایی) =درصد رطوبت

پروتئین نمونه‌ها به روش کجلدال، مورد بررسی قرار گرفت و درصد نیتروژن نمونه‌ها در صفحه نمایشگر دستگاه ثبت شد، با ضرب این عدد در عدد ۶/۲۵، میزان پروتئین نمونه‌ها به‌دست آمد (Avak and Glaser, 2005).

چربی با استفاده از روش سوکسله انجام شد. میزان چربی بر حسب درصد از رابطه ذیل به‌دست آمد (Bilgin *et al.*, 2010):

۱۰۰× (وزن نمونه/وزن ظرف – وزن ظرف و چربی) = درصد چربی

خاکستر نمونه‌ها، به روش آون ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید (Avak and Glaser, 2005):

۱۰۰× (وزن اولیه/ وزن نهایی)= درصد خاکستر

اندازه‌گیری پراکسید (PV)

اندازه‌گیری مقادیر پراکسید به روش تیتراسیون یدی انجام شد. نمونه‌ای از روغن استخراجی از ماهی به‌دقت در ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری سر سمباده‌ای وزن گردید و حدود ۲۵ میلی‌لیتر از محلول اسیداستیک کلروفرمی (نسبت کلروفرم به اسید استیک ۲:۳) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول یدورپتاسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر از آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به مجموعه افزوده شده و مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات‌سدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر گردید (Ronald and Ronald, 1991). میزان پراکسید چربی (میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم) بر اساس رابطه ذیل محاسبه شد:

وزن نمونه روغن/۱۰۰۰ × نرمالیته × حجم مصرفی تیوسولفات =PV

اندازه‌گیری تیوباربیوتیک اسید (TBA)

اندازه‌گیری TBA به‌وسیله رنگ‌سنجی صورت گرفت. سپس با دستگاه اسپکتروفتومتری مقدار جذب (As) در ۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (Ab) قرائت شد. مقدار TBA (میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی)، براساس رابطه ذیل محاسبه گردید (Hedayatifard and Miri, 2017):

$$TBA= (As-Ab) \times 200/50$$

As= مقدار جذب، Ab= آب مقطر

اندازه‌گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N)

شاخص TVB-N به روش کجلدال انجام گرفت. عمل تیتراسیون این محلول به‌وسیله اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تا جایی ادامه یافت که اسید بوریک دوباره قرمز شد. مقدار TVB-N (میلی‌گرم) در صد گرم گوشت ماهی با توجه به رابطه ذیل به‌دست آمد (Avak and Glaser, 2005):

وزن نمونه/۱۰۰ ×۱/۴× میزان اسید سولفوریک مصرفی= TVB-N

تعیین پروفایل اسید چرب

شناسایی پروفایل و ترکیب اسیدهای چرب به‌وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی (A, Agilent Technol 7890-GC) با دتکتور یونش شعله‌ای (FID) با لوله موئینه و ستون ۵۰ متر× ۰/۲۵ میلی‌متر و ۰/۲ میکرومتر صورت گرفت به‌طوری‌که پس از استخراج و محاسبه چربی، متیل استرهای اسیدچرب توسط استری شدن و آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌ها توسط (GC) انجام شد و هلیوم به عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت. طی یک برنامه حرارتی، درجه حرارت تزریق ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد، ردیاب ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد، ستون ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و حجم تزریق یک میکرولیتر، در نظر گرفته شد. دمای ستون ابتدا به مدت پنج دقیقه در ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد ثابت بود و سپس طی پنج دقیقه دمای ستون به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رسید. ۱۰ دقیقه در این دما ثابت ماند و طی پنج دقیقه دما به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید و پس از یک دقیقه به دمای ۲۲۰ درجه رسید و پنج دقیقه نیز در این دما نگه داشته شد تا تمام ترکیبات خارج گردند. سرعت گاز حامل ۵۰ میلی‌لیتر

در دقیقه، مقدار تزریق یک میکرولیتر و نرخ شکافت[1] ۱۰: ۱ بود. متیل استرهای اسید چرب با استفاده از استانداردهای معرف (گرم در ۱۰۰ گرم)، تعیین شدند (Hedayatifard and Miri, 2017). در مطالعه حاضر، ۵ نوع اسید چرب اشباع (SFA) (C14:0، C16:0، C18:0، C20:0 و C22:0)، ۳ نوع اسید چرب تک غیر اشباع (MUFA) (C16:1، C18:1 و C20:1) و ۶ نوع اسید چرب چند غیر اشباع (PUFA) شناسایی شدند (C18:2n-6، C18:3n-3، C20:3n-6، C20:3n-3، C20:5n-3 (EPA)، C22:6 n-3(DHA)).

بررسی ترکیب اسیدهای چرب

در مطالعه حاضر، نسبت‌های PUFA/SFA و MUFA/SFA که از شاخص‌های ارزیابی کیفیت محصولات دریایی است، مورد بررسی قرار گرفت که نسبت PUFA/SFA با توجه نتایج حاصله، از حداقل مقدار توصیه شده (۰/۴)، بالاتر بود (Brimani *et al*., 2021). نسبت MUFA/SFA برای ماهی خام، سرخ کرده و کبابی نشان داد که بیشترین میزان مربوط به ماهی سرخ‌کرده و کمترین میزان مربوط به ماهی کبابی است (جدول ۲) (Hosseini *et al*., 2014).

بررسی شاخص EPA+DHA

شاخص‌های کیفی تغذیه‌ای EPA+DHA در ماهی خام بالاتر از ماهی پخته شده بود و کمترین مقادیر در ماهی سرخ‌شده مشاهده شد (جدول ۲).

بررسی شاخص نسبت n-3/n-6

نسبت n-3/n-6 به عنوان یک شاخص مهم جهت مقایسه ارزش غذائی چربی ماهیان در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفت. میزان n-3/n-6 در فیله‌های خام، سرخ‌شده و آون شناسایی شد. کمترین نسبت n-3/n-6 در نمونه‌های سرخ شده و بیشترین نسبت n-3/n-6 در فیله خام مشاهده شد (جدول ۲) (Bayir *et al*., 2006).

بررسی شاخص PI

شاخص قابلیت اکسیداسیون نشان دهنده رابطه بین ترکیب اسید چرب و حساسیت آن به اکسیداسیون است. میزان بالای PI نشان‌دهنده حساسیت بالای اسید چرب به اکسیداسیون است، کمترین مقادیر در ماهی سرخ‌شده مشاهده شد (جدول ۲) (Brimani *et al*., 2021).

بررسی شاخص HH

در مطالعه حاضر، شاخص HH اثر اسیدهای چرب روی متابولیسم کلسترول در مقادیر فیله‌های خام، سرخ شده و آون مورد بررسی قرار گرفت که در محدوده مناسب قرار داشتند که با توجه به تاثیرات خاص این شاخص بر متابولیسم کلسترول، نشان‌دهنده ارزش بالای تغذیه‌ای هر ۳ نمونه است (جدول ۲) (Brimani *et al*.,2021).

بررسی شاخص آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک (TI)

در مطالعه حاضر، مقادیر این دو شاخص در همه نمونه بسیار ناچیز بود. مقدار پایین‌تر این دو شاخص نشان‌دهنده کیفیت تغذیه‌ای بهتر اسیدهای چرب آن ماده غذایی است. شاخص آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک (TI) اثرات مهمی بر روابط بین اسیدهای چرب مختلف دارند و موجب تأثیر یکنواخت رژیم غذایی چربی بر سلامت کرونر قلب انسان می‌شوند (جدول ۲) (Brimani *et al*., 2021).

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

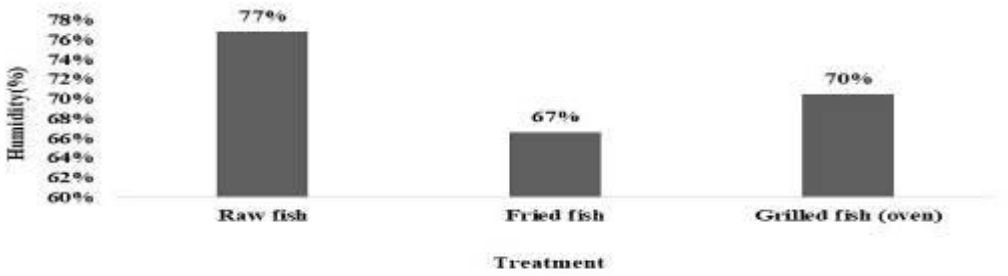
تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، با توجه به نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس، با استفاده از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد و ارزیابی‌ها در ۳ تکرار صورت پذیرفت برای تجزیه‌وتحلیل آماری آزمون حسی از روش غیرپارامتریک آزمون کای اسکور استفاده گردید. از نرم افزار SPSS (version 18) برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و از نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۰، برای رسم نمودارها استفاده گردید.

[1] Split ratio

نتایج

اندازه گیری درصد رطوبت

میزان رطوبت در ماهی خام به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود (۷۶/۸۶ درصد) و کمترین مقادیر رطوبت در تیمار ماهی پخته شده به روش سرخ کردن مشاهده شد (۶۶/۶۲ درصد) (شکل ۱) ($p<۰/۰۵$).

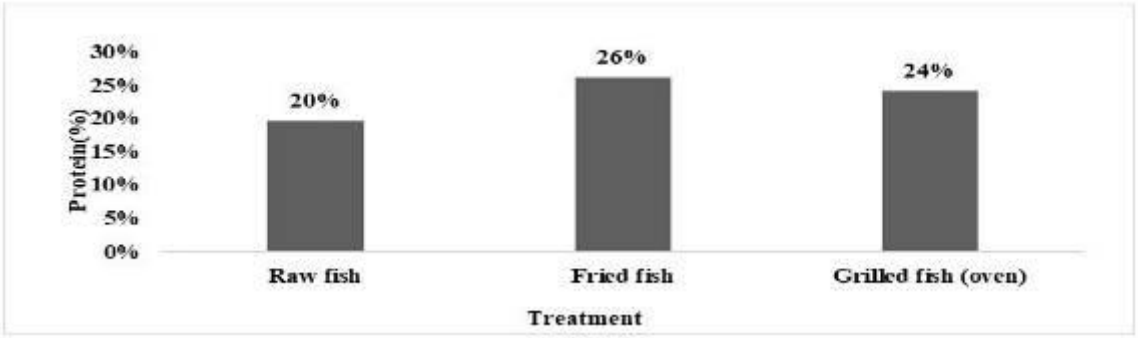


شکل ۱: میزان رطوبت به روش‌های مختلف پخت در ماهی *Hypophthalmichthys nobilis*

Figure 1: The amount of moisture in different cooking methods in *Hypophthalmichthys nobilis*

اندازه‌گیری درصد پروتئین

با توجه به نتایج، میزان درصد پروتئین در ماهی سرخ شده به طور معنی داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود (۲۶/۲۶ درصد) و کمترین مقادیر پروتئین در تیمار ماهی خام مشاهده شد (۱۹/۶۰ درصد) (شکل ۲) ($p<۰/۰۵$).

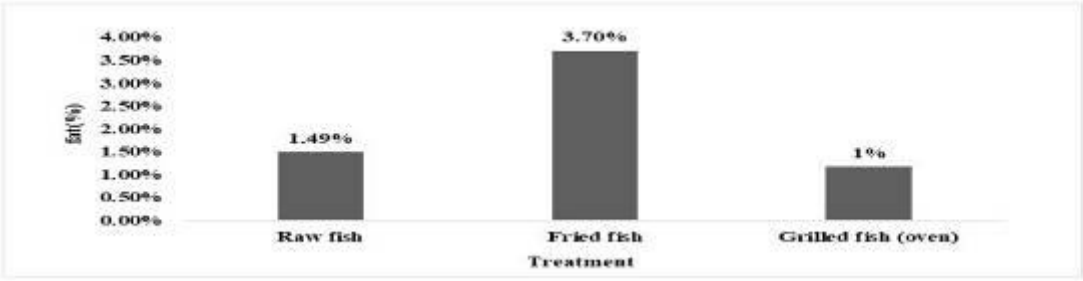


شکل ۲: میزان درصد پروتئین به روش‌های مختلف پخت در ماهی *Hypophthalmichthys nobilis*

Figure 2: Protein percentage in different cooking methods in *Hypophthalmichthys nobilis*

سنجش درصد چربی

با توجه به نتایج، میزان درصد چربی در ماهی سرخ شده به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود (۳/۷۰ درصد) کمترین مقادیر چربی در تیمار ماهی آون (کبابی) مشاهده شد (۱/۱۷ درصد) (شکل ۳) ($p<۰/۰۵$).

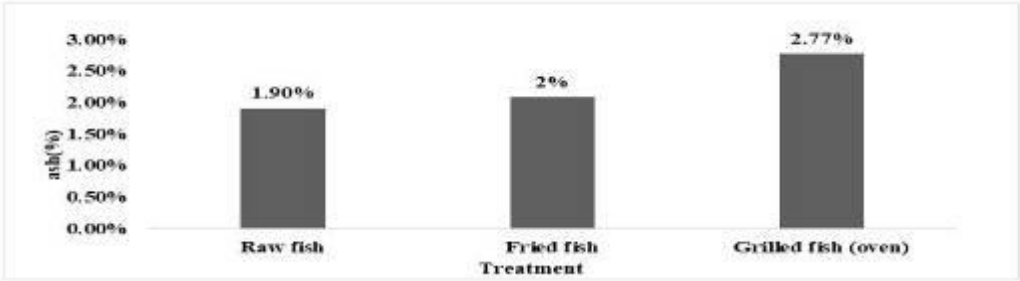


شکل ۳: میزان درصد چربی به روش‌های مختلف پخت در ماهی *Hypophthalmichthys nobilis*

Figure 3: The percentage of fat by different cooking methods in *Hypophthalmichthys nobilis*

سنجش درصد خاکستر

با توجه به نتایج، میزان خاکستر در ماهی پخته شده در آون (کبابی) به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود (۲,۷۷ درصد) و کمترین مقادیر خاکستر در تیمار ماهی خام مشاهده شد (۱/۹۰ درصد) (شکل ۴) ($p<۰/۰۵$).



شکل ۴: میزان درصد خاکستر به روش‌های مختلف پخت در ماهی *Hypophthalmichthys nobilis*

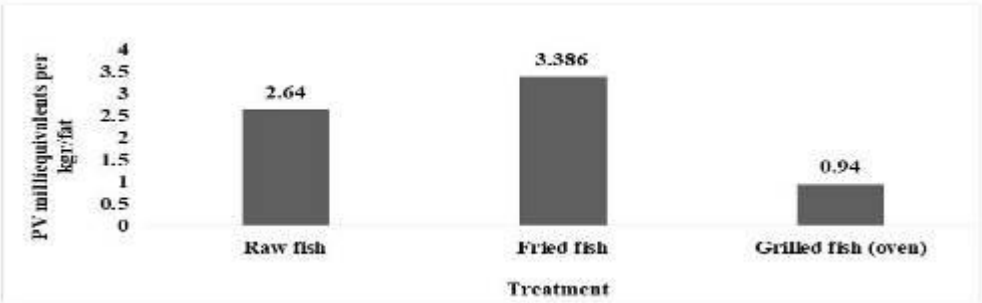
Figure 4: The percentage of ash by different cooking methods in *Hypophthalmichthys nobilis*

اندازه گیری عدد پراکسید PV

نتایج نشان داد عدد پر اکسید PV در ماهی سرخ شده به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود (۳/۳۸۶ میلی‌اکی والان بر کیلوگرم چربی) ($p<۰/۰۵$) و کمترین مقادیر عدد پراکسید در تیمار ماهی خام مشاهده شد (۰/۹۴ میلی‌اکی والان برکیلوگرم چربی) (شکل ۵) ($p<۰/۰۵$).

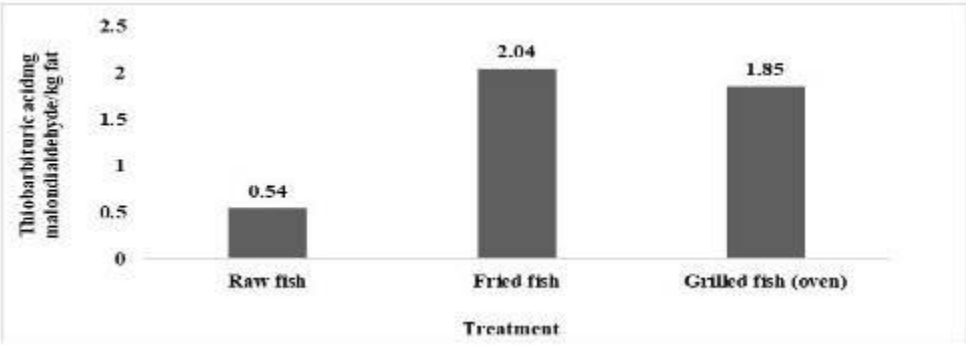
اندازه گیری تیوباربیوتیک اسید

با توجه به نتایج مقادیر تیوباربیوتیک اسید در ماهی سرخ شده به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود (۲/۰۴ میلی‌گرم مالون دی آلدئید بر کیلوگرم اسید)($p<۰/۰۵$) و کمترین مقادیر تیوباربیوتیک اسید در تیمار ماهی خام مشاهده شد (۰/۵۴) (شکل ۶) ($p<۰/۰۵$).



شکل ۵: میزان عدد پراکساید به روش‌های مختلف پخت در ماهی *Hypophthalmichthys nobilis*

Figure 5:- The amount of peroxide in different cooking methods in *Hypophthalmichthys nobilis*



شکل ۶: اندازه‌گیری تیوباربیوتیک اسید به روش‌های مختلف پخت در ماهی *Hypophthalmichthys nobilis*

Figure 6: Measurement of thiobarbiotic acid by different cooking methods in *Hypophthalmichthys nobilis*

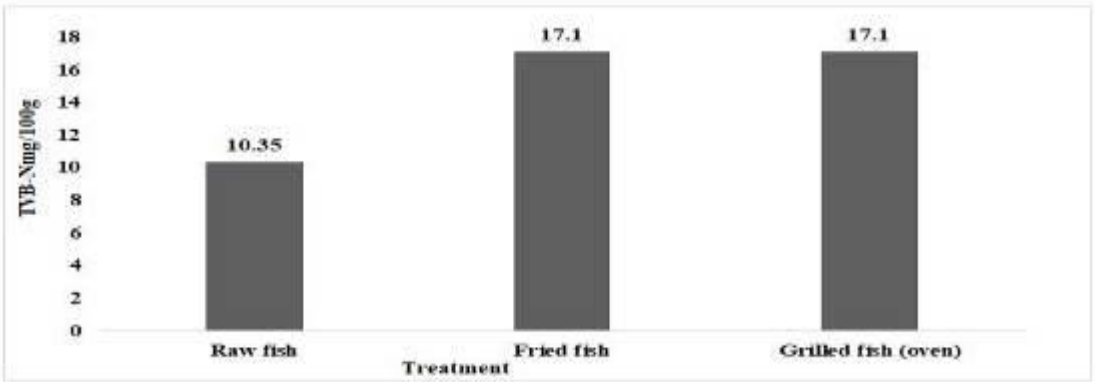
مقادیر بازهای نیتروژنی فرار TVB-N

نتایج نشان داد مجموع بازهای نیتروژنی فرار TVB-N در ماهی سرخ شده به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود (۱۷/۱۰ میلی‌گرم در صدگرم) ($p<۰/۰۵$) و کمترین مقادیر بازهای نیتروژنی فرار در تیمار ماهی خام مشاهده شد (۱۰/۳۵ میلی‌گرم در صدگرم) (شکل ۷) ($p<۰/۰۵$).

تعیین مقادیر اسیدهای چرب

اسید چرب اشباع (SFA)

نتایج مربوط به مقادیر اسید چرب در ماهی خام و پخته شده به وسیله روش‌های پخت مختلف (سرخ کردن – کبابی) در این مطالعه نشان داد که ۵ نوع اسید چرب اشباع شناسایی شد (C14:0، C16:0، C18:0، C20:0 و C22:0) که در نمونه‌های خام پالمتیک اسید (C16:0) با ۱۴/۷۷ در صد و پالمتیولئیک اسید (C18:0) با ۴/۹۹ درصد، بیشترین میزان را به‌خود اختصاص دادند و کمترین میزان مربوط به آراکیدیک اسید 31/0 (C20:0) درصد بود. اعمال روش‌های پخت سبب تغییراتی در میزان اسید چرب اشباع گردید بطوریکه میزان اسیدهای چرب اشباع (∑SFA) با اعمال پخت، کمترین میزان اسیدهای چرب اشباع (∑SFA)در تیمار سرخ کرده ($p<۰/۰۵$) و بیشترین میزان در تیمارهای خام و آون مشاهده شد. این دو تیمار اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ($p<۰/۰۵$).



شکل ۷: مقادیرباز های نیتروژنی فرار TVB-N به روش‌های مختلف پخت در ماهی *Hypophthalmichthys nobilis*

Figure 7: TVB-N values of volatile nitrogenases in different cooking methods in *Hypophthalmichthys nobilis*

اسید چرب تک غیر اشباع (MUFA)

در مطالعه حاضر، ۳ نوع اسید چرب تک غیر اشباع شناسایی شد (C16:1، C18:1 و C20:1) که در نمونه‌های خام اولئیک اسید (C18:1) با ۳۵/۹۱ درصد و استئاریک اسید (C16:1) با ۳/۶۵ درصد، بیشترین میزان را به‌خود اختصاص دادند و کمترین میزان مربوط به گادولین اسید (C20:1) 06/1 درصد بود. با اعمال روش‌های پخت سبب تغییراتی در میزان اسید چرب تک غیر چرب اشباع گردید به‌طوری‌که بیشترین میزان اسیدهای چرب تک غیر اشباع (∑MUFA) در تیمار سرخ کرده ($p<$۰/۰۵) و کمترین میزان در تیمارهای آون و خام مشاهده شد. این دو تیمار اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۱) ($p<$۰/۰۵).

جدول ۱: تعیین مقادیرپروفایل اسیدهای چرب به روش‌های مختلف پخت در ماهی *Hypophthalmichthys nobilis*

Table 1: Determination of fatty acid profile values in different cooking methods in *Hypophthalmichthys nobilis*

Fatty acid	raw fish	fried fish	(grilled fish)
C14:0	2.0±52.03^{a}	1.0±76.08^{c}	2.0±35.06^{b}
C16:0	14.0±77.58^{a}	11.0±90.95^{b}	15.0±15.39^{a}
C18:0	4.0±99.14^{a}	2.0±33.02^{b}	4.0±79.11^{a}
C20:0	0.03±31.02^{a}	0.0±15.02^{b}	0.0±17.03^{b}
C22:0	1.0±4.28^{a}	0.0±58.03^{b}	1.0±7.05^{a}
C16:1	3.0±65.13^{a}	1.0±91.18^{c}	3.0±26.18^{b}
C18:1	35.1±91.87^{b}	39.1±55.32^{a}	33.1±79.51^{b}
C20:1	1.0±6.03^{a}	1.0±7.04^{a}	0.0±99.12^{a}
C18:2n-6	24.1±54.59^{b}	28.0±35.35^{a}	24.0±85.05^{a}
C18:3n-3	2.0±95.13^{c}	3.0±63.17^{a}	3.0±28.10^{b}
C20:3n-6	0.0±54.05^{a}	0.0±20.06^{b}	0.0±55.05^{a}
C20:3n-3	1.0±39.11^{a}	0.0±75.07^{c}	1.0±14.06^{b}
C20:5n-3 (EPA)	3.0±45.18^{a}	1.0±15.14^{b}	3.0±2.15^{a}
C22:6 n-3(DHA)	2.0±94.22^{a}	0.0±98.12^{c}	2.0±58.18^{b}

اسید چرب چند غیر اشباع (PUFA)

در مطالعه حاضر، ۶ نوع اسید چرب چند غیر اشباع، شناسایی شد (C18:2n-6، C18:3n-3، C20:3n-6، C20:3n-3، C20:5n-3 (EPA)، C22:6 n-3(DHA)) به‌طوری‌که در نمونه‌های خام، اسید لینولئیک (C18:2n-6) با ۲۴/۵۴ درصد بیشترین میزان و را به‌خود اختصاص داد و کمترین میزان (۰/۵۴ درصد)، مربوط به اسید آراشیدونیک (C20: 3n-3) بود. اعمال روش‌های پخت سبب تغییراتی در میزان اسید (PUFA)گردید. میزان اسیدهای چرب امگا ۳، ۱۰/۷۴ درصد و میزان اسیدهای چرب امگا ۶، ۲۵/۰۸ درصد، نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ / امگا ۶ برابر با ۰/۴۲ درصد بود. همچنین مجموع میزان اسیدهای چرب غیر اشباع (∑PUFA) با اعمال پخت، تغییر معنی‌داری نداشت ($p<$۰/۰۵) و بیشترین میزان اسیدهای چرب امگا ۶ در تیمارهای سرخ‌کرده مشاهده شد ($p<$۰/۰۵). اما بیشترین میزان اسیدهای چرب امگا ۳ و نسبت اسیدهای چرب امگا ۳/امگا ۶ در تیمارهای آون و شاهد مشاهده شد. این دو تیمار، اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۲) ($p<$۰/۰۵).

جدول ۲: تعیین ترکیب و شاخص‌های اسیدهای چرب به روش‌های مختلف پخت در ماهی *Hypophthalmichthys nobilis*
Table 2: Determination of fatty acid composition and indices in different cooking methods in *Hypophthalmichthys nobilis*

Fatty acid	Raw fish	Fried fish	Avon (grilled fish)
∑SAFA	22.0±63.48a	16.1±72.05b	23.0±53.95a
∑MUFA	40.1±62.15b	43.0±53.97a	38.1±04.28b
∑PUFA	35.1±82.58a	35.1±05.12a	35.0±42.05a
∑UFA	76.1±44.45b	78.2±58.29a	73.0±46.66c
PUFA/ SFA	1.0±58.06b	2.0±09.03a	1.0±50.05b
UFA/SFA	3.0±37.17b	4.0±69.17a	3.0±12.18b
∑n-3	10.0±74.15a	6.0±51.13b	10.0±02.10a
∑n-6	25.1±08.25b	28.1±55.31a	25.1±40.05b
n-3/n-6	0.0±42.05a	0.0±22.01b	0.0±39.02a
EPA+DHA	6.0±39.23a	2.0±13.17c	5.0±60.14b
DHA/ EPA	0.0±85.02a	0.0±86.02c	0.0±85.03b
PI (EPA+DHA/C16:0)	0.0±43.03a	0.0±17.02c	0.0±37.05b
HH	4.0±3.04b	5.0±39.07a	3.0±85.06c
AI	0.0±018.001a	0.0±015.00b	0.0±018.001a
TI	0.0±013.001a	0.0±013.001a	0.0±014.002a

بحث

عضله ماهی حاوی سطوحی از مواد مغذی است که از لحاظ سلامتی از اهمیت بالایی برخوردار است. بسیاری از تحقیقات بر گوشت خام ماهی انجام و منتشر شده است. پخت می‌تواند باعث از دست رفتن ارزش غذائی مانند ترکیب بیوشیمیایی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و ترکیبات اسید چرب شود. در این مورد حفظ حداکثر ارزش غذائی می‌تواند با استفاده از روش‌های پخت مناسب فراهم گردد (Uran and Gokoglu, 2014). در بررسی میزان سنجش رطوبت مشخص شد که بیشترین مقادیر رطوبت در ماهی خام و کمترین مقادیر در ماهی سرخ شده مشاهده شد. میزان رطوبت با افزایش دما و طی پخت کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل دناتوره شدن ساختمان پروتئین و تبخیر آب طی پخت باشد (Delfieh *et al.*, 2013). Turkkan و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر روش‌های مختلف پخت بر تجزیه‌وتحلیل تقریبی و ترکیب اسید چرب ماهی بأس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) را بررسی کردند به‌طوری‌که بیشترین میزان رطوبت در تیمار خام و کمترین میزان رطوبت در تیمارهای سرخ‌شده، مشاهده شد (جدول ۳). در بررسی میزان، سنجش پروتئین پس از پخت، افزایش معنی‌داری در همه نمونه‌ها نشان داد به‌طوری‌که بیشترین میزان پروتئین در تیمار سرخ شده و کمترین میزان پروتئین در تیمار خام مشاهده شد که ممکن است دلیل آن ناشی از کاهش رطوبت نمونه‌ها و در مقابل افزایش نسبی سایر ترکیبات باشد (De Castro *et al.*, 2007). Ghayumi و همکاران (۲۰۱۱) نیز به بررسی روش‌های پخت بر فیله ماهی تیلاپیا پرداختند. نتایج نشان داد که با کاهش رطوبت، میزان پروتئین افزایش می‌یابد به‌طوری‌که بیشترین میزان پروتئین در تیمار آون (دارای کمترین میزان رطوبت) و کمترین میزان پروتئین در تیمار خام (دارای بیشترین میزان رطوبت)، مشاهده شد. Goswami و Manna (۲۰۲۰) نیز اعلام نمودند که مقادیر پروتئین ماهی *Tenualosa ilisha* پس از پخت افزایش می‌یابد. آنها علت افزایش محتوای پروتئین را پس از پخت، به علت حل شدن برخی از ترکیبات نیتروژنی اعلام نمودند. بر اساس نتایج، مقادیر چربی در تیمار سرخ شده پس از پخت افزایش یافته و در تیمار کبابی آون، کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان چربی در ماهی سرخ شده و کمترین مقادیر چربی در تیمار ماهی آون مشاهده شد. افزایش چربی در فیله‌های سرخ‌شده به روش عمیق به دلیل نفوذ روغن به درون فیله‌هاست. زیرا پس از آن‌که آب گوشت بر اثر تبخیر کاهش می‌یابد، به جای آن روغن در بافت عضله ماهی نفوذ می‌کند (Ghayumi *et al.*,

2011). جذب روغن از طریق سرخ کردن نیز باعث افزایش ماده خشک شد (Goswami and Manna, 2020). همچنین مقداری از چربی ماده غذایی نیز در برخی از روش‌های پخت مانند آب‌پز و بخارپز کردن می‌تواند به محیط پخت انتقال یابد که این امر سبب کاهش میزان چربی نمونه‌ها می‌گردد (Nikoo *et al*., 2010). در مطالعه Larsen و همکاران (۲۰۱۰) که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد نیز بالاترین میزان چربی در نمونه‌های سرخ‌شده مشاهده گردید. Goswami و Manna (۲۰۲۰) نیز اعلام نمودند که بیشترین مقادیر چربی ماهی صبور (*Tenualosa ilisha*) در تیمار سرخ‌شده و کمترین مقادیر در تیمار کبابی مشاهده شد. آنها علت افزایش چربی ماهی سرخ شده را به دلیل نفوذ روغن در ماهی پس از از بین رفتن نسبی آب در اثر تبخیر اعلام نمودند. میزان خاکستر در ماهی پخته‌شده در آون به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود و کمترین مقادیر خاکستر در تیمار ماهی خام مشاهده شد. علت این امر ممکن است به دلیل کاهش میزان رطوبت و افزایش مقادیر ماده خشک و خاکستر در این تیمار باشد. مواد معدنی همیشه با فرایندهای حرارتی پخت‌وپز از بین نمی‌روند (Aberoumand and Masoudi, 2022). فرایند سرخ‌کردن باعث می‌شود که برخی مواد معدنی از فلس و ستون فقرات، وارد چربی شوند و محتوای مواد معدنی در ماهی سرخ شده کم شود (Hosseini *et al*., 2014). در مطالعه‌ای دیگر، با استفاده از روش پخت مقادیر خاکستر ماهی قزل‌آلا افزایش یافت، اما در ماهی سرخ‌شده کاهش خاکستر مشاهده شد (Aberoumand and Masoudi, 2022). بر اساس نتایج در مطالعه حاضر، مقادیر عدد پر اکسید در ماهی سرخ‌شده به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود و کمترین مقادیر عدد پراکسید در تیمار ماهی خام مشاهده شد. علت بالانر بودن مقادیر عدد پراکسید در نمونه سرخ شده، به دلیل افزایش درجه حرارت بوده و حضور روغن اضافه شده به فیله دارای اندیس پراکسید بالایی نیز است. در واقع، در روش سرخ‌کردن، سرعت تولید رادیکال‌های آزاد بیشتر است و می‌توانند با سرعت بیشتری به اسیدهای چرب تهاجم نمایند و موجب تولید هیدروپراکسید گردند (Ozogul *et al*., 2009). در مطالعه Hedayatifard و Miri (۲۰۱۷) نتایج مشابهی در ارتباط با ماهی آمور مشاهده شد. آنها نیز اعلام نمودند سرخ کردن باعث افزایش مقادیر عدد پراکسید ماهی می‌شود. بر اساس نتایج در مطالعه حاضر، مقادیر تیوباربیوتیک اسید در ماهی سرخ‌شده به طور معنی‌داری بیشتر از سایر روش‌های پخت بود و کمترین مقادیر تیوباربیوتیک اسید در تیمار ماهی خام مشاهده شد. به طور کلی، در روش‌های حرارتی مورداستفاده احتمالاً به علت دمای بالا، افزایش سطوح مالون آلدئید و اکسیداسیون چربی گسترش می‌یابد. به طور کلی، میزان تیوباربیوتیک اسید، ۲ میلی‌گرم مالون دی آلدهید/گرم گوشت به عنوان محدودیت مصرف در نظر گرفته می‌شود (Campo *et al*., 2006). در مطالعه Nikoo و همکاران (۲۰۱۰) بر ماهی سفید دریای خزر نتایجی مشابه با مطالعه حاضر حاصل شد و در مطالعه‌ای دیگر اعلام نمودند که میزان تیوباربیوتیک اسید و پراکسید در ماهی کیلکای سرخ شده به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) بالاتر از ماهی کیلکای تازه (خام) است (Khanipour *et al*., 2014) (جدول ۳). مجموع بازهای نیتروژنی فرار یکی از شاخص‌های اصلی بیان‌کننده کیفیت غذاهای دریایی و یکی از نشانگرهای اصلی تخریب و تجزیه گوشت محسوب می‌شود که در تحقیق حاضر، مجموع بازهای نیتروژنی فرار در ماهی سرخ شده به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) بیشتر از سایر روش‌های پخت بود و کمترین مقادیر بازهای نیتروژنی فرار در تیمار ماهی خام مشاهده شد. بیشتر بودن مقادیر بازهای نیتروژنی فرار در تیمار سرخ شده، می‌تواند به دلیل فرایند حرارتی نمونه‌ها باشد که افزایش دما باعث شکستن پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و سایر ترکیبات نیتروژنی مانند تری‌متیل‌آمین‌اکسید، اسیدهای نوکلئیک و آمین‌ها شود (Mohan *et al*., 2006). این نتایج با نتایج مطالعه Albokhenfer و همکاران (۲۰۲۱) در ارتباط با تأثیر پخت بر مقادیر بازهای نیتروژنی فرار میگو هم‌خوانی داشت. آنها نیز اعلام نمودند، پختن میگو سبب افزایش بازهای نیتروژنی فرار می‌شود. در تحقیق حاضر، ۵ نوع اسید چرب اشباع شناسایی شد که در نمونه‌های خام، پالمتیک اسید (C16:0) با ۱۴/۷۷ درصد و پالمتیولئیک اسید (C18:0) با ۴/۹۹

درصد، دارای بیشترین میزان و کمترین میزان (۰/۳۱ درصد) مربوط به آراکیدیک اسید (C20:0) بود. در تحقیقات مشابه انجام شده (Khanzamani *et al*., 2014) در ارتباط اسید چرب اشباع ماهی کپور سرگنده گزارش شد که اعمال روش‌های پخت سبب تغییراتی در میزان اسید چرب اشباع گردید. کمترین میزان اسیدهای چرب اشباع (∑SAFA) در تیمار سرخ‌کرده و بیشترین میزان در تیمار ماهی خام و آون مشاهده شد. در مطالعه Larsen و همکاران (۲۰۱۰) فیله‌های سرخ شده به روش عمیق با روغن گیاهی دارای کمترین میزان SFA بودند. در مطالعه حاضر، ۳ نوع اسید چرب تک غیر اشباع شناسایی شد که در نمونه‌های خام بیشترین میزان را اولئیک اسید (C18:1) با ۳۵/۹۱ درصد و سپس استئاریک اسید (C16:1) با ۳/۶۵ درصد، به‌خود اختصاص دادند و کمترین میزان مربوط به گادولین اسید (C20:1)۱/۰۶ درصد بود. نتایج مشابهی در مطالعه Khanzamani و همکاران (۲۰۱۴) در ارتباط اسید چرب اشباع ماهی کپور سرگنده گزارش شد. اعمال روش‌های پخت سبب تغییراتی در میزان اسید چرب تک غیر چرب اشباع گردید به‌طوری‌که بیشترین میزان اسیدهای چرب تک غیر اشباع (∑MUFA) در تیمار سرخ‌کرده و کمترین میزان در تیمارهای آون و خام مشاهده شد. بالاتر بودن مقادیر (∑MUFA) در فیله سرخ شده به علت جذب اسید اولئیک از روغن سرخ کردنی است که این روغن مقادیر بالایی از اسید اولئیک را به‌خود اختصاص داد. نتایج حاصله مشابه با مطالعه Hedayatifard و Miri (۲۰۱۷) بر ماهی آمور است.

در مطالعه حاضر، ۶ نوع اسید چرب چند غیر اشباع شناسایی شد. در نمونه‌های خام بیشترین میزان را اسید لینولئیک (C18:2n-6) با ۲۴/۵۴ درصد و کمترین میزان مربوط به اسید آراشیدونیک (C20: 3n-3)با ۰/۵۴ درصد بود. میزان اسیدهای چرب امگا ۳، ۱۰/۷۴ درصد و میزان اسیدهای چرب امگا ۶، ۲۵/۰۸ درصد، نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶ برابر با ۰/۴۲ درصد بود. اعمال روش‌های پخت سبب تغییراتی در میزان اسید چرب چند غیر چرب اشباع گردید. در تیمار سرخ‌شده بالاترین میزان اسید لینولئیک (C18:2n-6) مشاهد شد (۲۸/۳۵ درصد). از دلایل این افزایش می‌توان به جذب این اسید چرب از روغن سرخ‌کردنی اشاره نمود. Larsen و همکاران (۲۰۱۰) نتایج مشابهی را در ارتباط با ماهی آزاد کینگ(King Salmon) که بطور گسترده در نیوزلند پرورش داده میشودگزارش نمودند. فیله‌های سرخ شده کمترین درصد DHA و EPA را به‌خود اختصاص داد که می‌تواند ناشی از تأثیر جذب روغن سرخ کردنی باشد. این کاهش با گزارش‌های Golipour و KHodanazari (۲۰۱۹) بر گربه ماهی نقره‌ای یکسان بوده است. مهم‌ترین عامل کاهش‌دهنده میزان امگا ۳، جذب روغن به‌وسیله فیله‌ها طی فرایند سرخ‌کردن است (Hosseini *et al*., 2014).

جدول ۳: مقایسه، تأثیر روش‌های مختلف پخت (سرخ کردن، کبابی) بر ترکیبات شیمیایی و اکسیداسیونی ماهی کپور سرگنده براساس ارزیابی‌های مختلف با تحقیق حاضر

Table 3: Comparing the effect of different cooking methods (frying, grilling) on the chemical and oxidation compounds of *Hypophthalmichthys nobilis* based on different evaluations with the present research

Row	Type of fish		Umidity (%)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	Fatty acid profile	Reference
1	*Clupeonella cultriventris*	raw	+					Khanipour *et al.*,2014
		Fried	-		+		+	
		grilled	-	+		+		
2	*Dicentrarchus labrax*	raw	+			-		Turkkan *et al.*,2008
		Fried	-		+		+	
		grilled		+		+		
3	*Liza abu*	raw	+	-		-		Ramzani *et al.*,2016
		Fried			+		+	
		grilled	-	+	-	+		
4	*Hypophthalmichthys nobilis*	raw	+	-	-	-		Present study
		Fried	-	+	+	+	+	
		grilled	-	+	-	+		

+: افزایش شاخص‌های شیمیایی و پروفایل اسیدهای چرب

-: کاهش شاخص‌های شیمیایی و پروفایل اسیدهای چرب

در مطالعات مشابه انجام شده که نتایج آنها با نتایج مطالعه حاضر تطابق دارد می‌توان به مطالعه Golipour و Khodanazari (۲۰۱۹) که سرخ کردن با روغن گیاهی باعث کاهش محتوای امگا ۳ گردید، اشاره کرد. در مطالعه حاضر نسبت PUFA/SFA برای ماهی خام، سرخ‌کرده و کبابی به‌ترتیب برابر با ۱/۵۸، ۲/۰۹ و ۱/۵۰ است (Larsen *et al.*, 2011). این مقدار بالاتر از حداقل میزان توصیه شده (۰/۴) است (Brimani *et al.*, 2021). بنابراین، می‌توان گفت که ماهی بیگ هد حتی پس از پخت، از ارزش تغذیه‌ای نسبتاً بالائی برخوردار است. همچنین در تحقیق حاضر نسبت MUFA/SFA برای ماهی خام، سرخ کرده و کبابی به‌ترتیب برابر با ۳/۳۷، ۴/۶۹ و ۳/۱۲ میلی‌گرم بر گرم است (Hosseini *et al.*, 2014). دلیل افزایش شاخص‌های PUFA/SFA و MUFA/SFA در نمونه‌های سرخ شده عمیق ممکن است به دلیل جذب روغن طی فرایند سرخ کردن باشد. مقادیر شاخص‌های کیفی تغذیه‌ای EPA+DHA در ماهی خام (۶/۳۹) بالاتر از ماهی پخته شده بود و کمترین مقادیر در ماهی سرخ شده (۲/۱۳) مشاهده شد. این امر نشان‌دهنده کاهش ارزش تغذیه‌ای پس از سرخ شدن است. تعیین نسبت n-3/n-6 بعنوان شاخص ارزش غذائی چربی ماهیان در فیله‌های خام، سرخ شده و آون به‌ترتیب ۰/۴۲، ۰/۲۲ و ۰/۳۹ بوده است. کمترین نسبت n-3/n-6 در نمونه‌های سرخ شده (Delfieh *et al.*, 2013) و بیشترین نسبت n-3/n-6 در فیله خام مشاهده شد (Bayir *et al.*, 2006). کمترین مقادیر شاخص PI (شاخص قابلیت اکسیداسیون نشان‌دهنده رابطه بین ترکیب اسید چرب و حساسیت آن به اکسیداسیون)، در ماهی سرخ شده مشاهده شد. در بررسی شاخصHH مقادیر آن در فیله‌های خام، سرخ شده و آون به‌ترتیب ۴/۰۳، ۵/۳۹ و ۳/۸۵ بوده است که در محدوده مناسب قرار داشتند که با توجه به تاثیرات خاص این شاخص بر متابولیسم کلسترول، نشان‌دهنده ارزش بالای تغذیه‌ای هر ۳ نمونه است (Brimani *et al.*, 2021). در بررسی شاخص آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک (TI) در مطالعه حاضر، مقادیر این دو شاخص در همه نمونه‌ها بسیار ناچیز بود که نشان دهنده کیفیت تغذیه‌ای بهتر اسیدهای چرب آن ماده غذایی است

که موجب کاهش بیماری‌های قلبی می‌گردند (Matos *et al.*,2019). در جوامع مدرن، گوشت تقریباً همیشه پیش از مصرف پخته می‌شود. حرارت‌دهی یکی از روش‌های متداول در فراوری مواد غذایی است. در فرایند پخت ماهی، واکنش‌ها و تغییرات فیزیکوشیمیایی رخ می‌دهد که نوع و میزان آن به شیوه پخت و محتوای چربی فیله خام بستگی دارد. در جدول ۵، ارزیابی نتایج تحقیق حاضر با سایر تحقیقات ارائه شده است. بر اساس نتایج، هر دو روش پخت، ترکیبات شیمیایی شاخص‌های اکسیداسیون و پروفایل اسید چرب فیله‌های ماهی کپور سرگنده را تغییر دادند. بیشترین تغییرات در ماهی سرخ‌شده مشاهد شد. کاهش رطوبت باعث افزایش چربی در ماهی سرخ شده گردید. این افزایش در میزان چربی نمونه‌های سرخ شده به علت جذب روغن به‌وسیله فیله ماهی، بارزتر بود.

در تحقیق حاضر، بالاترین میزان پروتئین، چربی و کمترین مقادیر رطوبت در ماهی سرخ‌کرده، مشاهده شد. شاخص‌های اکسیداسیونی بالاتر نیز در ماهی سرخ‌شده مشاهده شد، اما در تمامی ماهی‌های پخته شده، از محدوده مجاز برخوردار بود. مقدار اسیدهای چرب ضروری خانواده امگا ۳ در نمونه‌های سرخ‌شده کاهش یافت درحالی‌که فیله‌های کبابی منبع مناسبی از این اسیدهای چرب ضروری بودند و پروفایل اسید چرب ماهی کبابی مشابه با ماهی خام بود. کمترین تغییرات پس از پخت در تیمار کبابی در آون مشاهده شد. بنابراین، پخت به روش کباب کردن مناسب‌ترین روش برای حفظ ارزش تغذیه‌ای فیله ماهی کپور سرگنده ماهی نسبت به سایر روش‌های پخت است.

منابع

Aberoumand, A. and Masoudi, M., 2022. The effect of the cooking method on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* , 16: 287-295. DOI:1717/10.5219

Albokhenfer, H., Rajabzadeh, A. and Khodanazarei, A., 2021. Effect of pre-cooking and cooking on quality and sensory parameters of Peeled and unpeeled Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during the frezzing condition storage. *Journal of Marine Sciences and Technology*, 20(1):61-72. (In Persian)

Avak, R. and Glaser, R., 2005. Aereinfachtes verfahren zur vorher sage des lang zeitverhaltens von Holz-Beton-verbun dkonstru ktionen. *Journal of Zeitschrift Fur Den Gesamten Ingenieurbau*, 82(4):200-211 DOI:10.1002/bate.200590074

Bayir, A., Haliloglu, I., Sirkecioglu, A.N. and Aras, N.M., 2006. Ftty acid composition in some selected marine fish species living in Turkish waters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86:163-168. DOI:10.3906/biy-1008-81

Bilgin, S, Izci L, Gunlu, A. and Bolat Y., 2010. Effects of pan frying with different oils on some of the chemical components, quality parameters and cholesterol levels of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *African Journal of Biotechnology*, 9(39):6573-6577. DOI:10.12714/egejfas.2017.34.3.08

Brimani, S.H., Hedayatifard, M., Motamedzadegan, A. and Bozorgniya, A., 2021. Differences in cardiac health improvement indices in the fatty acids composition of caspian sea wild and farmed Beluga (*Huso huso*) caviar. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 29(2):91-102. DOI:10.22092/isfj.2020.121744

Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Enser, M., Wood, J.D. and Richardson, R.I., 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72:303–311. DOI:10.1016/j.meatsci.2005.07.015

Dadras, H., Zahmatkesh, M., Khara, H., Baradaran, S.H. and Nezamibaluchi, S.H., 2011. The effect of age of male broodstocks on artificial reproduction efficiency in bighead carp (*Aristichthys nobilis*). *Animal Environment Quarterly*, 3(2):59-66 (in Persian).

De Castro, F.A.F., Sant'Ana, H.M.P., Campos, F.M., Costa, N.M.B., Silva, M.T.C., Salaro, A.L. and Franceschini, S.D.C.C., 2007. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. *Food Chemistry*, 103(4): 1080-1090. DOI:10.1016/j.foodchem.2006.10.002

Delfieh, P., Rezaei, M., Hosseini, H., Vali Hosseini, S., Zohrehbakhsh, E. and Regenstein, J.M., 2013. Effects of cooking methods on proximate composition and fatty acids profile of Indian white prawn (*Fenneropenaeus indicus*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22(4):353-360. DOI:10.12691/jfnr-2-7-10

El-Lahamy, A., Khalil, KH., El-Sherif, SH., Hassan, R. and Awad, A., 2019. Changes in fish during cooking methods (frying and grilling): A review. *Journal of Public Health and Nutrition*, 2(2):169-172. (In Persian)

GHayumi Jouniani, E., KHoshkhu, J., Motalebi, A. and Moradi, Y., 2011. The effect of different cooking methods on the fatty acid composition of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Scientific Journal of Iranian Fisheries*, 20(2):97-108. DOI:10.22092/ISFJ.2017.109995

Golipour, S. and Khodanazari, I., 2019. The effect of frying in vegetable oils including olive oil, corn oil and grape seed oil on fatty acid profile, fat oxidation and sensory properties of Amur fish fillet compared to raw fish. *Journal of Food Research*, 29(2):146-15. (In Persian)

Goswami, S. and Manna, K., 2020. Comparison of the effects of cooking methods on nutritional composition of fresh and salted *Tenualosa ilisha*. *Aquaculture and Fisheries*, 5(6): 294-299. DOI:10.1016/j.aaf.2020.01.006

Hedayatifard, M. and Miri, M., 2017. Changes of lipid oxidation indices and fatty acids composition of salted fillet of grass-carp *Ctenopharyngodon idella* affected by methods of cooking. *Iranian Fisheries Scientific Journal*, 26(4):57-72. DOI:10.22092/ISFJ.2017.113923

Hosseini, H., Mahmoudzadeh, M., Rezaei, M., Mahmoudzadeh, L., Khaksar, R., Khosroshahi, N.K. and Babakhani, A., 2014. Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional quality indices of kutum roach (*Rutilus frisii kutum*). *Food chemistry*, 148, 86-91. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.10.012

Khanipour, A. A., Jorjani, S. and Soltani, M., 2014. Chemical, sensory and microbial quality changes of breaded kilka (*Clupeonella cultriventris*) with tempura batter in production stage and during frozen storage. *International Food Research Journal*, 21(6):2421-2430. DOI:10.22092/ijfs.2018.117982.

Khanzamani, M., Hedayatifard, M. and Ghalichi, A., 2014. Investigating the approximate biochemical composition, fatty acid profile and nutritional value of carp carcass (*Hypophthalmichtys nobilis*) in Mazandaran province. *Propagation and Aquaculture Sciences*, 1(1):23-40. (In Persian)

Larsen, D., Quek, S.Y. and Eyres, L., 2011. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand king salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Food Chemistry*, 119:785-790. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.07.037

Matos, Â.P., Matos, A.C. and Moecke, E.H.S., 2019. Polyunsaturated fatty acids and nutritional quality of five freshwater fish species cultivated in the western region of Santa Catarina, Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22. DOI:10.1590/1981-6723.19318.

Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Bindu, J., Geethalakshmi, V. and Srinivasa Gopal, T.K., 2006. Effect of thermal process time on quality of "Shrimp Kuruma" in retortable pouches and aluminum cans. *Journal of Food Science*, 71(6):S496-S500. DOI:10.1111/j.1750-3841.2006.00099.x .

Momenzadeh, Z., Khodanazary, A. and Ghanemi, K., 2017. Effect of different methods of cooking on changes of oxidation lipid, heavy metal composition and sensory properties of *Epinephelus coioides*, *Journal of Food Measurement*, 61(13):45-54. DOI:10.1007/s11694-016-9411-3

Nejat Pirsaraii, E., Zakipour Rahimabadi, E., Aminpour Daphchahi, E. and Babakhan, A., 2021. Quality characteristics and fatty acid profile of Siahmezgi cheese fortified by encapsulated fish oil. *Journal of Iranian Food Science and Industry Research*, 17(5):761-772. DOI:10.22067/ifstrj.v18i1.87590

Nikoo, MR., Rahimabadi, EZ .and Salehifar, E., 2010. Effects of frying-chilling-reheating on the lipid content and fatty acid composition of cultured sturgeon (*Huso huso, Beluga*) fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 19:120–129. DOI:10.1080/10498850.2010.493267.

Ozogul, Y., Ozyurt, G. and Boga, EK., 2009. Effects of cooking and reheating methods on the fatty acid profile of sea breamtreated with (*rosemary*) extract. *Journal of Food Science and Agricultural*, 89: 1481–1489. DOI:10.1111/j.1365-2621.2010.02326.x

Ramzani, A., Goli, A., Kadivar, M. and Sabsalian, M., 2016. The effect of different cooking methods on the composition of fatty acids of biya fish oil treated with alcoholic extract of fennel, *Publicatio Food Industry Research* (*Agricultural Knowledge*), 26(3):507-518. (In Persian)

Ronald, S.K. and Ronald, S., 1991. Pearson's chemical analysis of food. 9th Edn. Longman Scientific Technical, Wiley, New York, USA. 708 P.

Turkkan, A.U., Cakli, S. and Kilinc, B., 2008. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax, Linnaeus, 1758). Food and Bioproduct Processing*, 86(3):163-166. DOI:10.1016/j.fbp.2007.10.004

Uran, H. and Gokoglu, N., 2014. Effects of cooking methods and temperatures on nutritional and quality characteristics of anchovy (*Engraulis encrasicholus*). *Journal of Food Science and Technology*, 51(4):722-728. DOI:10.1007/s13197-011-0551-5

Zakipur Rahimabadi, E. and Bakr, J., 2011. The effect of four cooking methods (*microwaving, grilling, steaming and frying*) on zinc fat oxidation and composition of fatty acids in milk fish. *Iranian Journal of Food Science and Industry*, 8(31):53-61. DOI:10.22092/ijfs.2018.114140