مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال ششم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰، صفحات ۹۴-۸۵

بررسی ارزش تغذیه‌ای فیله‌های خام و کباب شده تاس‌ماهی ایرانی

حکیمه جنت علیپور[۱]، بهاره شعبانپور[۲]، علیرضا صادقی ماهونک[۳]، علی شعبانی[۲]

۱- نویسنده مسئول: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
پست الکترونیکی:hakime_alipour@yahoo.com
۲- دانشیار گروه شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲

چکیده

سابقه و هدف: ماهی به علت دارا بودن ترکیب مناسب اسیدهای آمینه ضروری منبع مفیدی از پروتئین به شمار می‌رود. تیمارهای فیزیکی‌شیمیایی و حرارتی در طول عمل آوری غذا موجب تغییر در ارزش تغذیه‌ای و کاربردی پروتئین‌ها می‌شوند. هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر فرایند کباب کردن بر کیفیت تغذیه‌ای فیله ماهی قره‌برون بود.

مواد و روش‌ها: فیله‌های تازه ماهی قره‌برون با استفاده از دستگاه کباب‌پز اتوماتیک (Bq100، Delongi، آلمان)کباب شدند. ارزش تغذیه‌ای فیله‌های تازه از روی شاخص‌های رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر و ترکیب اسیدهای آمینه مورد بررسی قرار گرفت. ارزش تغذیه‌ای فیله‌ها پس از فرایند پخت با استفاده از شاخص قابلیت هضم درون آزمایشگاهی (IVPD) و شاخص‌های مختلف محاسبه شده به صورت ریاضی شامل امتیاز شیمیایی (CS)، شاخص اسیدهای آمینه ضروری (EAAI)، ارزش بیولوژیکی (BV) و امتیاز اسیدآمینه تصحیح شده با قابلیت هضم درون آزمایشگاهی (PDCAAS) بررسی شد.

یافته‌ها: فرایند پخت افزایش معنی‌داری در مقادیر پروتئین، چربی و خاکستر ایجاد کرد ($p<۰/۰۵$). IVPD نمونه خام ۸۱/۵۰٪ بود که پس از پخت به ۹۳/۴۶٪ رسید. اسید گلوتامیک و اسید آسپارتیک فراوان‌ترین اسیدهای آمینه و متیونین و سیستئین به عنوان اسیدهای آمینه محدود کننده در هر دو نوع فیله شناسایی شدند. میزان کارایی پروتئین، EAAI شاخص تغذیه‌ای، BV و CS پس از پخت بهبود یافتند. مقدار PDCAAS برای هر دو نمونه و هر دو گروه سنی ۱۰ تا ۱۲ سال و بزرگسالان ۱۰۰ بود.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های تغذیه‌ای ماهی قره‌برون نشان داد که فرایند پخت منجر به بهبود ارزش تغذیه‌ای فیله ماهی شد.

واژگان کلیدی: کبابی کردن، پروتئین، اسید آمینه، کیفیت پروتئین، فیله ماهی

• مقدمه

تولید پروتئین‌های با اهمیت از نظر کاربردی و تغذیه‌ای برای تأمین نیازهای جمعیت در حال افزایش یکی از مهم‌ترین مسائل جوامع بشری است. برخی از سبزیجات و بقولات منابع غنی از پروتئین هستند، در حالی که آن‌ها معمولاً در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی به علت فقدان یک یا چند اسید آمینه لازم از نظر تغذیه‌ای ارزش کمی دارند. پروتئین‌های ماهی دارای همه انواع اسیدهای آمینه ضروری (به خصوص متیونین و لیزین) هستند و از نظر ترکیب اسیدهای آمینه هیچ گونه اختلاف قابل توجهی بین ماهیان آب شیرین و شور وجود ندارد (۱).

در بسیاری از کشورها غذاهای دریایی به عنوان منبع اصلی پروتئین حیوانی در جیره غذایی مردم در نظر گرفته شده است. در بعضی از کشورهای پیشرفته، محصولات گوناگون خشک شده، تخمیر شده و شور شدهٔ ماهی، بخش اعظم اسیدهای آمینه ضروری مورد نیاز برای افزایش ارزش تغذیه‌ای غذاهای مصرفی آن‌ها را که عمدتاً کربوهیدرات‌ها هستند، تأمین می‌کنند. پروتئین‌های فراورده‌های دریایی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

برای این منظور بسیار مناسب هستند (۲).

محصولات دریایی در مقایسه با محصولات جانوران خشکی مقدار کالری، چربی، قند و سدیم کمتری دارند، سالم و خوش‌طعم هستند، به سرعت آماده و به سهولت هضم می‌شوند، مغذی و قادر به حفظ سلامتی هستند که این مسأله موجب شده است تا بیش از یک میلیون نفر در سراسر جهان به ماهی به عنوان یک منبع مهم پروتئین حیوانی روی آورند. (۳).

ارزش تغذیه‌ای پروتئین‌ها بر اساس ترکیب اسیدهای آمینه ضروری، مقدار اسیدهای آمینه ضروری، روش‌های مختلف عمل آوری، پخت، نگهداری و واکنش با سایر ترکیبات رژیم غذایی و حساسیت به هضم تغییر می‌کند. به طور کلی کیفیت پروتئین‌ها به غلظت و نسبت اسیدهای آمینهٔ تشکیل دهنده در ساختمان یک پروتئین خاص بستگی دارد. ارزش تغذیه‌ای پروتئین‌های ماهیان دریایی به علت الگوی مطلوب اسیدهای آمینه ضروری آن‌ها برابر یا حتی بهتر از پروتئین‌های شیر و گوشت قرمز است. از آنجا که تفاوت‌هایی در پروتئین‌ها از نظر ارزش تغذیه‌ای وجود دارد، اندازه‌گیری این شاخص در ترکیبات حاوی پروتئین ارزشمند خواهد بود.

نظر به حساسیت خاص پروتئین فراورده‌های دریایی، طی فرایندهای مختلف، تغییرات قابل توجهی در آن به وجود می‌آید؛ تغییراتی که در نهایت بر ویژگی‌های خوراکی این محصولات تأثیر مستقیم دارند. آگاهی از چگونگی ایجاد این تغییرات، این امکان را فراهم می‌کند تا از بروز آن‌ها جلوگیری به عمل آید یا به تأخیر انداخته شوند و سرانجام، محصولی با کیفیت مطلوب مصرف شود. گزارش شده که فرایندهای عمل‌آوری در دسترس بودن و قابلیت هضم (به خصوص لیزین، ترئونین، متیونین و تریپتوفان) دو شاخص مهم در تعیین ارزش تغذیه‌ای پروتئین‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴).

اثرات حرارت بر ارزش تغذیه‌ای ماهی در روش‌های گوناگون نگهداری و پخت فراورده‌های دریایی متفاوت است. به طور کلی، به دلیل ویژگی‌های ساختار بافت ماهی و سخت پوستان دریایی و میزان ناچیز کلاژن، حرارت اندکی مورد نیاز است و افت ارزش تغذیه‌ای بالا نیست. فرایند پخت، قابلیت هضم پروتئین‌های ماهی را افزایش می‌دهد. گزارش شده که حرارت ملایم، مقدار لیزین را در حد ناچیزی کاهش می‌دهد، در حالی که حرارت‌های شدید باعث افت قابل توجهی از کیفیت پروتئین ماهی می‌شود (۵). با توجه به اینکه ماهیان به ندرت به شکل خام خورده می‌شوند و معمولاً با روش‌های مختلف حرارت می‌بینند، در این تحقیق تأثیر فرایند کباب کردن به عنوان یکی از روش‌های متداول پخت بر کیفیت مغذی پروتئین ماهی قره‌برون بررسی شد.

• مواد و روش‌ها

یک عدد تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) به طول ۱۷۵cm و وزن ۲۸kg پس از صید از منطقه *میان‌قلعه* واقع در بخش جنوبی دریای خزر استان گلستان در (کمتر از ۳۰ دقیقه) درون یخ با نسبت ۲ به ۱ به آزمایشگاه شیمی *دانشگاه علوم کشاورزی و منبع طبیعی گرگان* انتقال داده شد. در آزمایشگاه با رعایت شرایط کاملاً بهداشتی ماهی سرزنی، تخلیه شکمی و سپس فیله‌بندی شد. فیله‌ها از قسمت میانی ماهی جدا (وزن متوسط۱۲±۲۲۰ گرم) و به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: یک گروه به صورت خام به عنوان گروه شاهد و گروه دیگر پس از فرایند کباب کردن جهت بررسی شاخص مورد نظر در نظر گرفته شدند.

کباب کردن فیله‌های ماهی قره‌برون با استفاده از یک دستگاه کباب پز برقی (Bq100، Delongi، آلمان) به مدت ۳۰ دقیقه در فرکانس ۵۰ تا ۶۰ هرتز انجام شد. کلیه آزمایشات شیمیایی در این تحقیق و فرایند پخت با سه تکرار انجام شدند.

آزمایشات شیمیایی

ترکیبات تقریبی: میزان رطوبت با قرار دادن ۲ گرم نمونه چرخ شده ماهی درون یک ظرف آلومینیومیِ از پیش وزن شده تعیین شد. نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۱± ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند (۶). اندازه‌گیری پروتئین کل (N×۶/۲۵) به روش کلدال انجام شد (۶). چربی نمونه‌ها با دستگاه سوکسله و با استفاده از پترولیوم اتر استخراج شد (۶). میزان خاکستر با سوزاندن نمونه در کوره الکتریکی (۵۵۰°C) تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد (۷).

ترکیب اسیدهای آمینه: برای تعیین ترکیب اسیدهای آمینه ابتدا نمونه‌ها با استفاده از HCl ۶ مولار در دمای ۱۱۰°C به مدت ۲۴ ساعت هیدرولیز و با استفاده از فنیل ایزو تیوسیانیت مشتق‌سازی شدند. سپس با استفاده از دستگاه آنالیز اسید آمینه (Waters Pico Tag، آمریکا) بر اساس روش *Bidlingmeyer* و همکاران (۸) اندازه‌گیری

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

شدند. تریپتوفان بر اساس روش *Concon* (۹) استخراج و با روش *Swakais* و *Pest* (۱۰) اندازه‌گیری شد. در این روش به ۱ گرم نمونه چربی‌زدایی شده با هگزان ۱۰ml هیدروکسید سدیم ۰/۷۵ نرمال اضافه شد و کاملاً باهم ترکیب شدند. سپس به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده شد و در دور ۵۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ و لایه رویی آن جداسازی شد. ۵ml لایه رویی برداشته شد و به آن ۵ml معرف نین هیدرین (۱ گرم نین هیدرین ترکیب‌شده با اسید هیدروکلریک ۳۷٪ و اسید فرمیک ۹۶٪ به نسبت ۲:۳) اضافه شد و در دمای ۳۵°C به مدت ۲ ساعت انکوبه شد. بعد از انکوباسیون، محلول در دمای اتاق خنک و حجم آن با اتیل اتر به ۱۰ml رسانده شد. پس از هموژن شدن فیلتر شد و سرانجام، جذب این محلول شفاف فیلتر شده در طول موج ۳۸۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

منحنی استاندارد تریپتوفان آماده شد و با استفاده از این منحنی، غلظت تریپتوفان بر اساس جذب خوانده شده محاسبه و به صورت گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین بیان شد.

شاخص‌های کیفیت پروتئین

میزان کارایی پروتئین (protein efficiency ratio): این شاخص بر اساس ترکیب اسیدهای آمینه ضروری موجود در پروتئین مورد بررسی و مرجع (پروتئین شیر) و قابلیت هضم آن‌ها و با استفاده از معادلات گزارش شده توسط *Satterlee* و همکاران (۱۱) *Alsmeyer* و همکاران (۱۲) و *Lee* و همکاران (۱۳) محاسبه شد. معادلات در جدول ۱ آورده شده است.

امتیاز شیمیایی (Chemical Score): امتیاز شیمیایی با در نظر گرفتن مقدار پروتئین موجود در تخم مرغ محاسبه شد (۱۴).

شاخص اسیدآمینه ضروری(Essential Amino Acid Hndex) و ارزش بیولوژیک (Biological Value): شاخص اسید آمینه ضروری بر اساس روش *Oser* (۱۵) و ارزش بیولوژیک با استفاده از فرمول *Oser* (۱۶) محاسبه شد:

ارزش بیولوژیکی = ۱/۰۹ (شاخص اسید آمینه ضروری نمونه) - ۱۱/۷

شاخص تغذیه‌ای (Nutritional Index): شاخص تغذیه‌ای به وسیله فرمول Crisan و Sands (۱۷) برآورد شد:

$$\text{شاخص تغذیه‌ای} = \frac{\text{(شاخص اسید آمینه ضروری)} \times \text{درصد پروتئین}}{۱۰۰}$$

قابلیت هضم درون ازمایشگاهی (*In Vitro* Digestibility): قابلیت هضم درون آزمایشگاهی براساس روش *Akeson* و *Stahman* (۱۸) و با استفاده از سیستم‌های هضم پپسین و پانکراتین به روش زیر انجام شد. ۲۰۰ میلی‌گرم فیله هموژن با ۱۵cc مخلوط پپسین و اسید هیدروکلریک (۱/۵mg پپسین در ۱۵cc اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال) به مدت ۳ ساعت در دمای ۳۷°C انکوبه شد. پس از خنثی سازی محلول با سود ۰/۲ نرمال، ۷/۵cc مخلوط پانکراتین و بافر فسفات (۴mg پانکراتین در ۷/۵cc بافر فسفات با pH=۸) به آن اضافه شد. ۱cc تولوئن نیز برای جلوگیری از رشد میکروب به آن اضافه شد و محلول به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷°C انکوبه شد. نمونه شاهد نیز مطابق مراحل ذکر شده بدون نمونه اصلی آماده شد. پس از ۲۴ ساعت ۱۰cc تری کلرو استیک اسید ۱۰٪ درصد برای رسوب پروتئین هضم نشده به محلول اضافه شد، حجم محلول به ۱۰۰cc رسانده شد و در دور ۵۰۰۰ rpm به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد. مقدار پروتئین موجود در سوپرناتانت به روش کلدال تعیین شد و قابلت هضم درون آزمایشگاهی بر اساس درصد کل پروتئین‌های هضم شده پس از هیدرولیز آنزیمی محاسبه شد.

جدول ۱ - میزان کارایی پروتئین محاسبه شده به روش‌های مختلف برای فیله‌های خام و کباب شده تاس‌ماهی ایرانی

شماره معادله	معادله	فیله خام	فیله کباب شده
۱	$-۲/۱۰۷۴+۰/۱۳۱۲(\text{SPC})^{*} -۲/۵۱۸۸(\text{SPC})^{۲}$	۲/۳۲	۲/۷۴
۲	(تیروزین)۰/۱۰۴- (لوسین)۰/۴۵۴+۰/۴۶۸-	۳/۰۶	۳/۱۱
۳	(تیروزین)۰/۹۴۴- (هیستیدین)۰/۲۱۱+(لوسین)۰/۷۸۰+(متیونین)۰/۴۳۵+۱/۸۱۶-	۴/۱۳	۴/۱۹
۴	۰/۱۰۹۴- (مجموع هفت اسیدآمینه ضروری)$^{\neq}$۰/۰۸۰۸۴	۳/۰۳	۳/۰۴

* SPC نسبت شاخص اسید آمینه ضروری نمونه به شیر است (Satterlee و همکاران، ۱۹۹۷).

≠ ترئونین، والین، متیونین، ایزولوسین، لوسین، فنیل آلانین، لیزین (Ovissipour و همکاران، ۲۰۰۹)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

امتیاز اسیدآمینه تصحیح شده از قابلیت هضم درون آزمایشگاهی (protein digestibility corrected amino acid score): بر اساس روش Sarwar و Mcdonough (۱۹) و با استفاده از ترکیب اسید آمینه ضروری، نمونه مورد آزمایش و الگوی اسید آمینه پیشنهادی FAO/WHO (۲۰) برای کودکان ۱۰ تا ۱۲ ساله و بزرگسالان به دست آمد.

آنالیز آماری: تجزیه وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. کنترل معنی‌داربودن توسط آنالیزواریانس یک‌طرفه و در سطح ۵٪ انجام گرفت. جهت انجام مقایسات میانگین از آزمون LSD در سطح (α=۰/۰۵) استفاده شد.

• یافته‌ها

ترکیبات تقریبی: نتایج اندازه‌گیری ترکیبات تقریبی تیمارهای خام و کباب شده فیله ماهی قره‌برون در جدول ۲ آورده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، میزان رطوبت بعد از فرایند پخت شامل کباب کردن به طور معنی‌داری کاهش یافت (p<۰/۰۵) و از ۶۸/۲۶٪ در نمونه خام به ۴۹/۱۵٪ در نمونه کباب شده رسید. مقایسه میانگین پروتئین نمونه‌ها نشان داد که پس از فرایند پخت، درصد پروتئین به میزان قابل توجهی افزایش یافت و در مقایسه با پروتئین ماهی خام اختلاف معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵). فیله خام ماهی قره‌برون از درصد چربی قابل توجهی برخوردار بود (۱۱/۳۷٪). پس از پخت، افزایش معنی‌داری در میزان چربی مشاهده شد. درصد خاکستر نیز در نتیجه کاهش در میزان رطوبت نمونه طی فرایند پخت افزایش یافت (p<۰/۰۵).

ترکیب اسیدهای آمینه و کیفیت پروتئین

ترکیب اسیدآمینه: ترکیب ۱۷ اسید آمینه در تیمارهای خام و کباب شده فیله ماهی قره‌برون در جدول ۳ نشان داده شده است. در بین اسیدهای آمینه اندازه‌گیری شده هر دو تیمار، گلوتامیک اسید، بیشترین و اسیدهای آمینه سیستئین و تریپتوفان، کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند.

حرارت دادن تغییرات اندک اما معنی‌داری را در بعضی از اسیدهای آمینه ایجاد کرد. پس از فرایند کبابی کردن، کاهش شدیدی در اسیدآمینه تریپتوفان مشاهده شد. مقادیر اسیدهای آمینه لیزین، ایزولوسین، پرولین، ترئونین، هیستیدین و سرین در نمونه خام تا حدی بالا بود، اما پس از فرایند پخت کاهش یافت (p<۰/۰۵).

فرایند کبابی کردن، کاهش معنی‌داری در میزان اسیدهای آمینه گلوتامیک اسید و فنیل آلانین ایجاد کرد. در مقایسه تیمارها با یکدیگر، اختلاف معنی‌داری در اسیدآمینه والین قبل و پس از فرایند پخت مشاهده نشد.

جدول ۲- ترکیب تقریبی فیله‌های خام و کباب شده تاس‌ماهی ایرانی

نمونه ها	گرم در۱۰۰ گرم نمونه‌تر			
	رطوبت	پروتئین	چربی	خاکستر
فیله خام	۶۸/۲۶ ±۰/۱۲^{a}	۲۰/۶۹±۰/۳۸^{b}	۱۱/۳۷±۰/۶۰^{b}	۱/۰۷±۰/۱۰^{b}
فیله کباب شده	۴۹/۱۵±۲/۴۳^{b}	۳۵/۰۸±۱/۱۵^{a}	۱۴/۷۲±۰/۴۷^{a}	۱/۷۴±۰/۱۶^{a}

حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد (p<۰/۰۵)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

جدول۳- ترکیب اسیدهای آمینه فیله‌های خام و کباب شده تاس‌ماهی ایرانی بر اساس گرم اسید آمینه در ۱۰۰ گرم نمونه پروتئین در مقایسه با استاندارد FAO/WHO

نوع اسیدآمینه	تیمار		FAO/WHO
	خام	کباب شده	
*ایزولوسین	۵/۵۶ ± ۰/۲۴ a	۵/۲۵ ± ۰/۱۳ b	۴/۰۰
*لوسین	۸/۴۵ ± ۰/۱۹ b	۸/۵۸ ± ۰/۰۱ a	۷/۰۰
*لیزین	۹/۴۲±۰/۲۵ a	۹/۳۴ ± ۰/۰۸ b	۵/۵۰
*سیستئین	۰/۸۱ ± ۰/۰۲ b	۱/۰۷ ± ۰/۰۱ a	-
*متیونین	۲/۲۹ ± ۰/۰۶ b	۲/۵۱ ± ۰/۳۲ a	-
جمع اسیدهای آمینه گوگردی	۳/۰۱	۳/۵۸	۳/۵
*تیروزین	۲/۸۹ ± ۰/۰۱ b	۲/۹۶ ± ۰/۰۴ a	-
*فنیل آلانین	۴/۳۰ ± ۰/۰۱ a	۴/۲۶ ± ۰/۰۳ b	-
جمع اسیدهای آمینه آروماتیک	۷/۱۹	۷/۲۲	۶/۰۰
*ترئونین	۳/۹۳ ± ۰/۰۳a	۳/۶۳ ± ۰/۰۶b	۴/۰۰
*تریپتوفان	۱/۱۱±۰/۰۱ a	۰/۰۵ ± ۰/۰۹ b	۱/۰۰
*والین	۵/۴۱ ±۰/۰۵ b	۵/۳۹ ± ۰/۰۱ b	۵/۰۰
جمع اسیدهای آمینه ضروری	۴۲/۹۷	۴۲/۹۹	۳۶/۰۰
هیستیدین	۵/۱۹ ±۰/۰۵a	۴/۸۵ ± ۰/۰۱ b	-
آرژنین	۶/۰۸±۰/۰۳ b	۶/۵۵ ± ۰/۰۹ a	-
آسپارژین	۹/۹۴ ± ۰/۰۱ b	۹/۹۲ ± ۰/۰۳ b	-
گلوتامیک اسید	۱۸/۴۷ ± ۰/۰۶ a	۱۸/۲۸ ± ۰/۰۸ b	-
سرین	۲/۷۴ ± ۰/۰۱ a	۲/۶۰ ± ۰/۱۱ b	-
پرولین	۴/۷۴ ± ۰/۱۷a	۴/۳۵ ± ۰/۰۵ b	-
گلایسین	۴/۴۵ ± ۰/۱۱ b	۴/۷۶ ± ۰/۰۱ a	-
آلانین	۵/۳۴ ± ۰/۰۸b	۵/۶۱ ± ۰/۰۸ a	-
جمع اسیدهای آمینه غیر ضروری	۵۶/۹۵	۵۶/۹۲	-

a-c : حروف متفاوت در هر سطر تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($p<۰/۰۵$).

امتیاز شیمیایی: نتایج محاسبات امتیاز شیمیایی تیمارهای مختلف تاس‌ماهی ایرانی نشان داد که کمترین مقدار اسیدآمینه ضروری یا اسیدآمینه محدود کننده در هر دو تیمار خام و کباب شده، متیونین به همراه سیستئین بود (جدول ۴).

سایر شاخص‌های کیفیت پروتئین: نتایج اندازه‌گیری سایر شاخص‌های تغذیه‌ای ماهی قره‌برون در جدول ۵ آورده شده است. میزان قابلیت هضم پس از فرایند پخت افزایش یافت. تیمار کباب شده قابلیت هضم بیشتری داشت.

اختلاف معنی‌داری در میزان شاخص اسیدهای آمینه ضروری بین تیمارهای مختلف مشاهده شد. مقایسه بین تیمارها حاکی از افزایش میزان شاخص اسیدهای آمینه ضروری در تیمار کباب شده پس از پخت نسبت به تیمار خام بود.

کمترین میزان کارایی پروتئین در تیمار خام ماهی قره‌برون مشاهده شد. فرایند پخت موجب بهبود میزان کارایی پروتئین فیله شد و آن را افزایش یافت.

PDCAAS محاسبه شده برای هر دو نوع فیله خام و کباب شده و در دو گروه سنی مورد بررسی معادل ۱۰۰ به دست آمد.

ارزش بیولوژیکی پروتئین تاس‌ماهی ایرانی پس از فرایند پخت به طور معنی‌داری افزایش یافت و فرایند کبابی کردن تأثیر مثبتی در بهبود ارزش بیولوژیکی ایجاد کرد.

تغییرات قابل ملاحظه‌ای در میزان شاخص تغذیه‌ای پس از فرایند پخت نسبت به تیمار خام مشاهده شد و میزان آن پس از فرایند پخت افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ۴- امتیاز شیمیایی و ترتیب اسیدهای آمینه محدود کننده فیله‌های خام و کباب شده ماهی قره‌برون

	تیمار	
اسیدهای آمینه ضروری	خام	کباب شده
لوسین	۱۱۰	۱۱۲
ایزولوسین	۹۷	۹۱
والین	۸۵	۸۵
لیزین	۱۷۰	۱۶۸
ترئونین	۸۹	۸۲
فنیل آلانین+تیروزین	۸۳	۸۳
متیونین+سیستئین	۶۳*	۷۵*

* اسیدهای آمینه محدود کننده

جدول ۵- شاخص‌های تغذیه‌ای فیله‌های خام و کباب شده تاس‌ماهی ایرانی

	تیمار	
شاخص	خام	کباب شده
قابلیت هضم درون آزمایشگاهی	۸۱/۵۰±۰/۳۵ [b]	۹۳/۴۶±۰/۲۲[b]
شاخص اسیدهای آمینه ضروری	۸۹/۱۲±۰/۲۱[b]	۸۹/۷۲±۰/۰۲[a]
گروه سنی ۱۲-۱۰ سال	۱۰۰	۱۰۰
امتیاز اسیدآمینه تصییح شده با قابلیت هضم درون آزمایشگاهی		
بزرگسالان	۱۰۰	۱۰۰
شاخص تغذیه ای	۱۹/۱۲±۰/۳۴[b]	۲۷/۸۸±۰/۰۷[a]
ارزش بیولوژیکی	۸۵/۴۴±۰/۰۳[b]	۸۶/۰۹±۰/۰۹[a]

حروف متفاوت تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($p<0/05$).
شاخص‌های بیولوژیک به صورت ریاضی محاسبه شده‌اند.

• بحث

هنگامی که گوشت ماهی در معرض حرارت و فرایند پخت قرار می‌گیرد، حرارت موجب دناتوره شدن پروتئین‌ها می‌شود و تجمع آن‌ها سبب اتصال مولکول‌های پروتئین به یکدیگر و انقباض رشته های اکتین و میوزین و کلاژن و همچنین ظاهر شدن گروه‌های آب‌گریز در سطح پروتئین می‌شود. در نتیجه، واکنش‌های جدیدی بین مولکول‌های پروتئین می‌دهد که به متراکم شدن ساختمان پروتئین منجر می‌شود. بنابراین، آبی که از عضله خارج می‌شود، باعث کاهش رطوبت می‌شود (۲۱). در این تحقیق نیز میزان رطوبت نمونه کباب شده پس از فرایند پخت، کاهش یافت. کاهش میزان رطوبت پس از فرایند پخت با نتایج حاصل از تحقیق *Weber* و همکاران بر اثر روش‌های مختلف پخت بر فیله‌های گربه‌ماهی همخوانی داشت (۲۲). *Pandy* و همکاران گزارش کردند که با افزایش زمان و درجه حرارت، مقدار رطوبت نیز کاهش می‌یابد (۲۳).

گونهٔ ماهی مورد بررسی در این تحقیق از پروتئین بالایی برخوردار بود که آن را به عنوان یک منبع بسیار خوب پروتئین مطرح می‌کند. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از افزایش درصد پروتئین پس از فرایند پخت بود. این نتایج با یافته‌های مطالعات پیشین همخوانی داشت. *Ersoy* و *Ozeren* گزارش کردند که در طول پخت، ماده غذایی درصد زیادی آب از دست می‌دهد که این موضوع باعث افزایش مقدار پروتئین و سایر ترکیبات شیمیایی می‌شود (۲۴).

یکی از عواملی که متحمل بیشترین تغییرات در طول عمل‌آوری می‌شود، چربی موجود در ماده غذایی است که شدت تغییرات آن می‌تواند با نوع روش پخت به کار رفته تعیین شود. *Saguy* و *Dana* اعلام کردند که فرایند سرخ کردن نسبت به سایر روش‌های پخت تأثیر بیشتری در افزایش درصد چربی در نمونه حرارت دیده دارد و این افزایش چربی در نتیجه نفوذ روغن به درون غذا پس از خروج بخار آب است (۲۵). پس از کبابی کردن فیله‌ها افزایش

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

معنـی‌داری در مقـدار چربـی مـشاهده شـد. *Choubert* و *Baccaunaud* در تحقیقی که در رابطه بـا اثـرات روش‌هـای پخت بر کیفیت فیله‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان انجـام دادند، مشاهده کردند که فرایند پخت باعـث افـزایش مقـدار چربی می‌شود. وجود ارتباط معکوس بین مقادیر آب و چربی نیز این موضوع را تأیید می‌کند (۲۶). بررسی اثر روش‌هـای پخت بر ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نیـز نتـایج مـشابهی را نشان داد؛ به طوری که در آن مطالعه، میزان چربـی پـس از هر ۵ نوع روش پخت به کار رفته افزایش یافت (۲۷).

نتایج اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای آمینـه نـشان داد کـه در تاس‌ماهی ایرانی طیف وسیعی از اسیدهای آمینـه وجـود دارد. مقایسه ترکیب اسید آمینـه تـاس‌مـاهی در مقایـسه بـا پـروتئین مرجـع نـشان داد کـه پروفایـل اسـیدهای آمینـه پـروتئین تـاس‌مـاهی ایرانـی نـسبت بـه الگـوی اسـیدآمینه پیشنهادی FAO/WHO (۱۹۷۳) اسـیدهای آمینـه ضـروری بیشتری دارد.

اختلاف بین مقدار اسیدهای آمینه ترئـونین و سـرین در نمونه خام در مقایسه با نمونه حرارت داده شده مـی‌توانـد در ارتباط با تبدیل این اسیدهای آمینه به سایر ترکیبـات باشـد که منجر به گسیختگی پیوندهای دی‌سـولفید و رهـا سـازی یون سولفید و سولفور آزاد می‌شود. بروز اکسیداسیون در یک سری اسیدهای آمینه حـساس دلیـل دیگـری بـرای کـاهش آن‌ها می‌باشد. به طور کلی، سرعت تجزیـه اسـیدهای آمینـه حساس با درجه حرارت و همچنین وجـود اکـسیژن افـزایش می‌یابد (۲۸).

Garcia-Arias و همکـاران کـاهش مقـدار اسـیدآمینه لیـزین پـس از فراینـد کبـابی کـردن را در نتیجـه تـشکیل محصولات مختلف مـیلارد در طـول حـرارت دهـی گـزارش کردند؛ زیرا لیزین به علت دارا بودن گروه آمینـی آزاد بـسیار واکنش پذیر است (۲۹).

سـنجش میـزان کـارایی پـروتئین بـه عنـوان یکـی از روش‌های ارزیابی ارزش تغذیه‌ای پروتئین‌ها در ایـن تحقیـق نشان داد که فیله خام تاس‌ماهی ایرانی بـا دارا بـودن میـزان کارایی پروتئین برابر با ۴/۱۳-۲/۳۲ بسته به روش محاسبه از پروتئینی بـا کیفیـت بـالا برخـوردار اسـت. *Bechtel* میـزان کارایی پروتئین ۳/۱۲ را برای فیله ماهی آلاسکاپولاک و کـاد گزارش کرد که با نتـایج ایـن مطالعـه همخـوانی دارد (۳۰). میزان PER پس از فراینـد پخـت افـزایش یافـت و تـا ۴/۱۹ رسـید. Fatemi افـزایش میـزان PER پـس از فراینـدهای حرارتی را در نتیجهٔ غیر فعـال شـدن مـواد ضـد تغذیـه‌ای و سمومی که ماهیت پروتئینی دارند، عنوان کرد (۳۱).

امتیاز شـیمیایی بـرای تعیـین ارزش منبـع پروتئینـی و اسیدهای آمینه محدودکننده بـه کـار مـی‌رود. پروتئینـی بـا امتیاز شیمیایی بالا، ارزش بیولوژیکی بالایی دارد و بیشتر در بدن قابل استفاده اسـت. بـر اسـاس اسـتاندارد FAO/WHO اسیدهای آمینه محدود کننده فیله‌هـای خـام و پختـه شـده تاس‌ماهی ایرانی سیستئین و متیونین بودند. با توجه به بروز تغییرات اندک در مقادیر اسـیدهای آمینـه ضـروری پـس از پخت و نظر به افزایش امتیاز شیمیایی از ۶۳٪ در تیمار خـام به ۷۵٪ پس از فرایند کبابی کردن مـی‌تـوان بیـان کـرد کـه پروتئین تاس‌ماهی ایرانی در طی پخت ارزش تغذیه‌ای خـود را از دست نداده و می‌تواند به عنوان منبع پروتئینی در رژیم غذایی افراد لحاظ شود.

کیفیت پروتئین‌ها بـر اسـاس شـاخص اسـیدهای آمینـه ضروری (EAAI)، ارزش بیولـوژیکی (BV) و ارزش تغذیـه‌ای (NI) نیز بررسی شد. بعد از کبابی کردن افـزایش انـدکی در مقدار این شاخص مشاهده شد.

افـزایش میـزان اسـیدهای آمینـه ضـروری موجـود در پروتئین موجب بـالا رفـتن ارزش بیولـوژیکی یـا کیفیـت آن خواهد شد. ارزش بیولوژیکی فیله خام قره‌برون ۸۵/۴۴٪ بود که بعـد از کبـابی کـردن بـه ۸۶/۰۹٪ افـزایش یافـت. ارزش تغذیه‌ای نیز بعد از پخت افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان داد که بر تأثیر مثبت حرارت بر ارزش مغذی دلالت می‌کند.

PDCAAS بر اساس مقدار محـدود کننـده تـرین اسـید آمینه، به عنوان بهترین روش ارزیابی کیفیت پروتئین غذا در رابطه با نیازهای تغذیه‌ای افراد در نظر گرفته شده است. این شاخص، کیفیت پروتئین را بـر اسـاس نیازهـای اسـیدآمینه برای گروه‌های سنی مختلف (۲ تا ۵ سال، ۱۰ تا ۱۲ سـال و بزرگسالان) اندازه‌گیری می‌کند. بنـابراین، بـر اسـاس مقـدار اسید آمینه پروتئین غذا، قابلیت هضم پروتئین و توانـایی آن در تـأمین مقـادیر مناسـب اسـیدهای آمینـه ضـروری بـرای گروه‌های سنی مختلف محاسـبه مـی‌شـود. بـالاترین مقـدار PDCAAS که هر پروتئینی می‌تواند داشته باشد ۱۰۰ است. به این معنی که بعد از هضم پـروتئین غـذا، ۱ واحـد از ایـن پروتئین، ۱۰۰٪ نیازهای اسیدهای آمینه ضـروری آن گـروه سـنی را تـأمین مـی‌کنـد. همـان‌طـور کـه نتـایج نـشان داد PDCAAS محاسبه شده برای هر سه نوع فیله خـام، کبـاب شده سرخ شده و در دو گروه سنی مورد بررسی معادل ۱۰۰

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

به دست آمد. به عبارت دیگر، فیله ماهی قره‌برون یک منبع عالی پروتئین در رژیم غذایی انسان است.

نتایج ارزیابی شاخص‌های تغذیه‌ای پروتئین نشان داد که حرارت اعمال شده در طول عمل‌آوری، این شاخص را بهبود می‌بخشد؛ به طوری که شاخص اسیدهای آمینه ضروری، میزان کارایی پروتئین و امتیاز اسیدآمینه تصحیح شده از قابلیت هضم درون آزمایشگاهیِ تیمارهای عمل آوری شده نسبت به تیمار شاهد بالاتر بودند (۳۲).

قابلیت هضم پروتئین فیله ماهی قره‌برون پس از فرایند پخت به طور معنی‌داری افزایش یافت. افزایش مشاهده شده با یافته‌های مطالعات گذشته منطبق است (۳۳).

قابلیت هضم پروتئین‌ها حساسیت پیوندهای پپتیدی به هیدرولیز را نشان می‌دهد و در پروتئین‌های مختلف، متفاوت است. به طور کلی، فرایندهای حرارتی قابلیت هضم پروتئین را بالا می‌برند. افزایش قابلیت هضم مربوط به باز شدن ساختمان پروتئین و در معرض قرار گرفتن اسیدهای آمینه در مجاورت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین که قبلا پنهان بودند است. نزدیکی آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین با بنیان‌های اسیدهای آمینه باعث می‌شود که آنزیم‌های اختصاصی سریع‌تر و وسیع‌تر فعالیت کنند (۳۴).

نتایج این تحقیق نشان داد که فرایند کباب کردن بر ترکیبات و کیفیت تغذیه‌ای تاس‌ماهی ایرانی تأثیر می‌گذارد. با توجه به عدم ایجاد اثرات منفی، این روش می‌تواند جهت بهبود خصوصیات تغذیه‌ای پروتئین ماهی طی پخت پیشنهاد شود.

• References

1. Pszczola DE. Dawning of the age of proteins. Food Technol 2004; 58(2): 56-70.
2. Sikorski EZ, Pan SB, Shahidi F. Seafood proteins. 4th ed. New York: Chapman & Hall 1994. p. 234- 6.
3. Mazza G. Marine products for healthcare: functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean. 11th ed. New York: Taylor and Francis; 2009. p. 552-26.
4. Olley J, Doe PE, Heruwati ES. The influence of drying and smoking on the nutritional properties of fish: An introductory overview. In: Doe PE, editor. Fish Smoking and Drying. New York: Elsevier; 1988.
5. Hwang EY, RYU HS, Lee IH, CHUN SS. Protein quality evaluation of cooked hagfish (*Eptatretus burgeri*) meats. Nutraceuticals Food 2002; 287: 7-15.
6. Association of Official Analytical Chemists International. Official methods of analysis. 18th ed. Maryland: AOAC INTERNATIONAL; 2005.
7. Association of Official Analytical Chemists International. Official methods of analyses of association of analytical chemist. 16th ed. Washington DC; 2005.
8. Bidlingmeyer BA, Cohen SA, Tarvin TL. Rapid analysis of amino acids using precolumn derivatization. J Chromatogr 1984; 336: 93–104.
9. Concon JM. Rapid and simple method for the determination of tryptophan in cereal grains. J Anal Biochem 1975; 67: 206-19.
10. Swakais MP, Pest IM. Determination of tryptophan in unhydrolysed food and feed stuff by acid ninhydrin method. J Agri Food Chem 1990; 38: 720-6.
11. Satterlee LD, Marshal HF, Tennyson JM. Measuring proteins quality. J Am Oil Chem Soc 1979; 56: 103-9.
12. Alsmeyer RH, Cunningham AE, Happich ML. Equation predicts PER from amino acids analysis. J Food Tech 1974; 28: 34-40.
13. Lee YB, Elliot JG, Rickansrud DA, Mugberg EC. Predicting protein efficiency ratio by the chemical determination of connective tissue content in meat. J Food Sci 1978; 43: 1359-62.
14. Food Agriculture Organization. Amino acid content of foods and biological data on proteins. Rome: UN; 1968.
15. Oser BL. Methods for the integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. J Am Diet Assoc 1951; 27: 399-404.
16. Oser BL. An integrated essential amino acid index for predicting the biological value. In: Albanese AA editor. Protein and Amino Acid Nutrition. New York: Academic Press; 1959: 281-295.
17. Crisan EV, Sands A. Nutritional value of edible mushroom. In: Chang ST, Hayer WA, editor. Biology and cultivation of edible mushrooms. New York: Academic Press; 1978: 137-68.
18. Akeson WR, Stahman MA. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. J Nutr 1964; 83: 257-61.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

19. Sarwar G, McDonough FE. Review of protein quality evaluation methods: evaluation of protein digestibility corrected amino acid score method for assessing protein quality of foods. J Assoc Off Anal Chem 1990; 73: 347-356.

20. FAO/WHO. Energy and protein requirements. Geneva: FAO/WHO and United Nations University; 1990. p. 116–129.

21. Straadt IK, Rasmussen M, Anderson HJ, Bertram HC. Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss: a combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study. Meat Science 2007; 75: 687–95.

22. Weber J, Bochi C, Ribeiro PC, Victorio MA, Emanuelli T. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. Food Chem 2008; 106: 140–6.

23. Pandey MC, Jayathilakan K, Manral M, Radhakrishna K, Bawa AS. Heat and mass transfer kinetics of *Catla catla* fish during frying. J Food Sci Technol 2008; 45: 61-4.

24. Ersoy B, Ozeren A. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. Food Chem 2009; 115: 419–22.

25. Saguy IS, Dana D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. J Food Eng 2003; 56: 143–52.

26. Choubert G, Baccaunaud M. Effect of moist or dry heat cooking procedures on carotenoid retention and colour of fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed astaxanthin or canthaxanthin. Food Chem 2009; 265-9.

27. Gokoglu N, Yerlikaya P, Cengiz E. Effect of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J Food Chem 2004; 84: 19-22.

28. Sikorski, EZ. Chemical and functional properties of food proteins. Pennsylvania: 2th ed: Technomic Publishing Company 2001. 191-215.

29. Garcia-Arias MT, Alvarez-Pontes E, Garcia-Linares MC, Garcia- Fernandez MC, Sanchez-Muniz FJ. Grilling of sardines fillets: effects of frozen and thawed modality on their protein quality. LWT—Food Sci Technol 2003; 36: 763–9.

30. Bechtel PJ. Properties of different fish processing by-products from Pollock, Cod and Salmon. J Food Process Preserv 2003; 27: 101-116.

31. Fatemi H. Chemistry of food material. 4th ed. Tehran: Enteshr Incorporated Press. 2000 [in Persian].

32. Cuevas-Rodrriguez EO, Verdugo-Montoya NM, Angulo-Bejarano PI, Milan-Carrillo J, Mora-Escobedo R, Bello-Perez LA., et al. Nutritional properties of tempeh flour from quality protein maize (*Zea mays* L.) LWT 2006; 39: 1072-9.

33. Mansour EH, Dworchak E, Lugasi A, Gaal O, Barna E, Gergely A. Effect of processing on the anti-nutritive factors and nutritive value of rapeseed products. Food Chem 1993; 47: 247-2.

34. Safari, M. Physicochemical principal of food maintenance. Tehran: Tehran University Press; 2000 [in Persian].

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]

Nutritional value of raw and grilled Persian sturgeon fillets

*Alipour H[*1], Shabanpour B[2], Sadeghi AR[3], Shabany A[2]*

1- [*]Corresponding author: M.Sc in Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

E-mail: hakime_alipour@yahoo.com

2- Associate Prof, Dept. of Fisheries and Environmental, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

3- Assistant Prof, Dept. of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

Received 5 Dec, 2010 **Accepted 26 Apr, 2011**

Background and Objectives: Fish is an excellent protein source due to its valuable essential amino acid composition. Physical, chemical and thermal treatments applied during processing of food will influence both the nutritional value and functional properties of proteins. The purpose of this study was to determine the effects of grilling on the nutritional value of Persian sturgeon fish fillet.

Materials and Methods: Fresh Persian sturgeon fillets were grilled using an automatic griller (Bq100, Delongi,Germany) for 20 min at 50-60 Hz frequency. The nutritional value of fresh fillets was determined on the basis of moisture, protein, fat, ash, and amino acid contents, while the nutritive value of cooked fillets was estimated using *in vitro* protein digestibility (IVPD) and various computed indices, including chemical score (CS), essential amino acid index (EAAI), biological value (BV), and protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS).

Results: There were significant increases in protein, lipid, and ash contents ($p<0/05$) after grilling. *In vitro* digestibility of raw fillets was 81.50%, which increased to 93.46% after cooking. Glutamic and aspartic acids were amino acids with the highest contents, while cysteine and methionine were the limiting ones in both cooked and uncooked fillets. Grilling brought about improvements in the protein efficiency ratio, essential amino acid index, nutritional index, biological value, and chemical score. Finally, the protein digestibility- corrected amino acid score of both the cooked and uncooked samples and for both the 10-12 year-old and adult age groups was 100.

Conclusion: The results indicate that grilling improves the nutritional value of Persian sturgeon fish fillets.

Keywords: Grilling, Protein, Amino acid, Protein quality, Fish fillet

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-11]