مقاله علمی – پژوهشی:

ارزیابی تغییرات شاخص‌های تجاری خاویار بلوگا (*Huso huso*) دریای مازندران تحت پرورش در آب شیرین : ریزمغذی‌های معدنی، رنگ و ساختار ژنتیکی

شهرزاد بریمانی[۱]، مسعود هدایتی‌فرد[*۱]، علی معتمدزادگان[۱و۲]، عباس بزرگنیا[۱]

[*]hedayati.m@qaemiau.ac.ir

۱- گروه شیلات، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران
۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۹

چکیده

هدف این مقاله شناسایی و مقایسه ترکیبات ریزمغذی‌های معدنی، رنگ و تفاوت ساختار ژنتیکی بین خاویار فیل ماهی (*Huso huso*) وحشی دریای مازندران و خاویار فیل ماهی پرورش یافته در آب شیرین بود که در کمک به شفافیت بازار خاویار فیل ماهی برای تثبیت ارزش کیفی و غذایی خاویار پرورشی و نیز شناسایی ژنتیکی خاویار وحشی و پرورشی فیل ماهی نقش به‌سزایی دارد. اندازه‌گیری ریزمغذی‌های معدنی با استفاده از روش‌های جذب اتمیک، اسپکتروفتومتری و طیف سنجی شعله، رنگ با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج و بررسی تفاوت ژنتیکی نیز با استفاده از روش توالی‌یابی PCR صورت گرفت. نتایج نشان دادند که در خاویار فیل ماهی وحشی میزان ریزمغذی‌های کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه پرورشی بود در حالی‌که در نمونه خاویار پرورشی مقادیر آهن، مس و روی بالاتر بودند ($p<۰/۰۵$). میزان سدیم در دو نمونه خاویار وحشی ۲/۷۲±۴۲۳۹/۴۳ و پرورشی ۲/۱۸±۴۲۳۷/۲۱ (میکروگرم بر گرم وزن تر)، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p>۰/۰۵$). میزان شاخص رنگ L در خاویار فیل ماهی وحشی ۲۸/۲۹ و در خاویار فیل ماهی پرورشی ۴۶ (درصد)، میزان a نیز به همان ترتیب ۱/۳۴ و ۲/۶۶ (درصد) و مقدار b نیز ۱۰/۷۲ و ۱۶/۲۷ (درصد) بود ($p<۰/۰۵$)، تفاوت رنگ (ΔE) بین دو نمونه ۱۵/۲۱ بود. ساختار ژنتیکی دو نمونه خاویار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. در مجموع، ریزمغذی‌های معدنی مورد اندازه‌گیری و رنگ بین دو نمونه تفاوت معنی‌داری داشتند، ولیکن ساختار ژنتیکی نمونه پرورشی تفاوت معنی‌داری با نوع وحشی خود نداشت.

لغات کلیدی: تفاوت ژنتیکی، خاویار، رنگ، فیل ماهی، ریزمغذی‌های معدنی

[*]**نویسنده مسئول**

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

مقدمه

جهت عملکرد درست اندام‌ها، استخوان‌ها، بافت‌ها و سیستم ایمنی، بدن انسان نیاز به مقدار زیادی مواد معدنی در طول روز دارد. مواد معدنی به دو دسته ماکروالمنت‌ها[1] و میکروالمنت‌ها[2] تقسیم می‌گردند. ماکروالمنت‌ها بر ساختار اسکلتی، سیستم کلوئیدی و تعادل اسید پایه تاثیرگذار هستند. همچنین بخش مهمی از هورمون‌ها، آنزیم‌ها و فعال کننده‌های آنزیمی از مواد معدنی تشکیل می‌گردند (Alasalvar *et al*., 2002). غلظت مواد معدنی در بدن موجودات زنده آبزی بستگی به منبع غذا، محیط، گونه، سن، و وضعیت فیزیولوژیک آنها دارد. بیشتر موجودات مواد معدنی را از محیط خود می‌گیرند و در بدن خود ذخیره می‌نمایند. با این حال، گزینش مواد معدنی در آنها بسیار انتخابی می‌باشد (Halver and Hardy, 2002).

مطالعاتی در زمینه مواد معدنی در مورد ماهیان خاویاری، خاویار و سایر ماهیان در دسترس می‌باشد. Wirth و همکاران (۲۰۰۰) مطالعاتی را بر ترکیبات شیمیایی و بیوشیمیایی خاویار در ماهیان خاویاری مختلف انجام دادند. Gessner و همکاران (۲۰۰۲) بر ترکیبات بیوشیمیایی خاویار و تاثیر منابع غذایی بر ترکیبات اسیدهای چرب و بار آلودگی، مطالعاتی انجام دادند. همچنین Alasalvar و همکاران (۲۰۰۲) تفاوت میزان چربی، اسید چرب و ترکیبات معدنی کمیاب گوشت ماهی خاردار اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) پرورشی و وحشی را مورد بررسی قرار دادند. از سوی دیگر، Gessner و همکاران (۲۰۰۸) بر ترکیبات بیوشیمیایی خاویار و استفاده از آن به عنوان یک عامل تشخیص بین ماهیان خاویاری وحشی و پرورشی تحقیق نمودند. DePeters و همکاران (۲۰۱۳) به منظور تشخیص تفاوت‌های اسیدهای چرب و ترکیبات معدنی، تخم دو گونه پرورشی و وحشی تاس‌ماهی سفید (*Acipenser transmontanus*) در کالیفرنیا را مورد بررسی قرار دادند. Li و همکاران (۲۰۱۴) نیز تخم تاس‌ماهی چینی (*Acipenser sinensis*) وحشی و پرورشی را از نظر بیوشیمیایی مورد مقایسه قرار دادند.

رنگ یکی از ویژگی‌های مهم در تعیین کیفیت و شاخصی موثر در بازاریابی فرآورده‌های دریایی می‌باشد (هدایتی‌فرد و پور مولائی، ۱۳۹۵). در این زمینه اطلاعات بسیار کمی برای ماهیان وجود دارد. Lee و همکاران (۲۰۱۱) بر کاراکترهای کیفیت غذا و سلامت تخم ماهیان وارداتی ماهی پرنده ژاپنی[3]، ماهی کاپلین[4] و شاه ماهی آرام[5] مطالعاتی انجام دادند. Park و همکاران (۲۰۱۵) نیز بر ترکیبات بیوشیمیایی و عمومی خاویار ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) پرورشی در کره جنوبی تحقیق نمودند.

صید بیش از حد در دریا و قاچاق ماهیان خاویاری به دلیل گوشت و خاویار آنها و تغییر و تخریب زیستگاه‌های تخم‌ریزی در اثر ساخت سدها و موانع که منجر به کاهش کیفیت آب نیز می‌گردد، از جمله تهدیدات مهم برای این گونه‌های با ارزش می‌باشد و موجب کاهش چشمگیر جمعیت آنها گردیده است (Kohlmann *et al*., 2018). فیل ماهی یا بلوگا (*Huso huso*) به دلیل دارا بودن گوشت و خاویار مرغوب یکی از بهترین گونه‌های ماهیان خاویاری (Acipenseridae) جهت پرورش می‌باشد. این گونه دارای نرخ رشد بالا، مقاوم به عوامل استرس‌زا، بیماری و تغییرات کیفیت آب می‌باشد (Falahatkar and Najafi, 2019).

مدیریت بهینه ذخایر آبزیان به اطلاعاتی درمورد ساختار ژنتیکی گونه‌ها نیاز دارد، در سال‌های قبل فقدان روش‌های مناسب جهت مشخص کردن ساختار و تنوع ژنتیکی موجب اکتفا نمودن به تفاوت‌های مورفولوژی و فیزیولوژی می‌گردید. جهت شناسایی و بررسی ساختار ژنتیکی در گونه‌های ماهیان می‌توان از DNA هسته و میتوکندری استفاده کرد (Ballard and Whitlock, 2004). توالی‌یابی DNA یکی از روش‌های نوین و دقیق جهت بررسی روابط خویشاوندی، جمعیتی و ساختار ژنتیکی انواع آبزیان می‌باشد (شریفی و همکاران، ۱۳۹۵). ژن سیتوکروم اکسیداز یک[6] (COI) از DNA میتوکندری یک شاخص مناسب جهت مطالعات ژنتیکی در ماهیان است. Hebert و همکاران (۲۰۰۳) پیشنهاد دادند که به عنوان تشخیص بارکد گونه‌ها از COI استفاده شود. تحقیقاتی در این زمینه بر ماهیان صورت گرفته است. نوروز فشخامی و خسروشاهی (۱۳۷۴) مطالعات کروموزومی ماهیان خاویاری، Pourkazemi (۱۹۹۶)، ساختار ژنتیکی ماهیان خاویاری جنوب دریای مازندران با استفاده از روش بیوشیمیایی و ژنتیک مولکولی، Rezvani Gilkolaei (۱۹۹۷) ژنتیک مولکولی جمعیت ماهیان جنوب دریای مازندران، Rezvani Gilkolaei

[1] Macroelement
[2] Microelement
[3] *Cheilopogon agoo*
[4] *Mallotus villosus*
[5] *Clupea pallasii*
[6] Cytochrome Oxidase I

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

و Skibinski (۱۹۹۹) توالی مستقیم mtDNA را در تاس‌ماهی ایرانی (*Acipencer persicus*)، Khoshkholgh و همکاران (۲۰۱۱) بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت تاس ماهی ایرانی (*Acipencer persicus*) در حوضه جنوبی دریای مازندران با استفاده از روش توالی یابی منطقه کنترل (D-loop) میتوکندریایی RAPD، Dudu و همکاران (۲۰۱۴) تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی فیل ماهی ناحیه پایینی رودخانه دانوب با استفاده از مارکرهای DNA، Boscari و همکاران (۲۰۱۷) بر شناسایی ژنتیکی سریع فیل ماهی و Barmintseva و Mugue (۲۰۱۸) اختلافات ژنتیکی بین جمعیت وحشی و پرورشی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) را در روسیه مورد تحقیق و بررسی قرار دادند.

هدف پژوهش حاضر، تعیین و مقایسه ترکیبات ریزمغذی‌های معدنی، رنگ و ساختار ژنتیکی خاویار فیل ماهی پرورش یافته در آب شیرین با نوع وحشی آن می‌باشد. این اطلاعات می‌تواند در بهبود تغذیه‌ای و شاخص کیفی رنگ و همچنین در کمک به سیاست‌های اجرایی مدیریت بخش بازسازی ذخایر فیل ماهی دریای مازندران مفید فایده واقع گردد.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده سازی خاویار

۳۰۰ گرم خاویار فیل ماهی وحشی از شرکت تعاونی اداره امور ماهیان خاویاری استان مازندران و ۳۰۰ گرم خاویار فیل ماهی پرورشی از شرکت‌های خصوصی تجاری تولید خاویار استان مازندران در آبان ۱۳۹۷ تهیه گردیدند. هر دو نمونه‌های خاویار در قوطی‌های شیشه‌ای ۵۰ گرمی بسته بندی شده بودند و در دمای بین صفر تا چهار درجه سانتی‌گراد تا زمان انتقال به آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی دریای خزر و پارک علم و فن‌آوری استان مازندران نگه‌داری شدند. نمونه‌های خاویار پرورشی از سه ماهی ماده خاویاری متفاوت تهیه گردیدند. ماهیان خاویاری پرورشی در تانک‌های سیمانی و آب شیرین پرورش داده شده بودند. پارامترهای مهم آب در این تانک‌ها : دمای ۱۹-۱۷ درجه سانتی‌گراد، pH: ۶/۹-۷/۵ ، ppt۱≤ شوری و میزان اکسیژن بالاتر از ۷ میلی‌گرم بر لیتر بود، که این پارامترها در طول دوره پرورش ثابت نگه داشته شده بودند. ماهیان در طول پرورش با غذای تجاری خاویار کوپنز آلمان[1] تغذیه شدند (جدول ۱).

جدول ۱: ترکیبات غذای تجاری (کوپنز) فیل ماهی پرورشی (بر پایه ماده خشک)

Table 1: Compositions of commercial (Coppens) diet for farmed Beluga (dry matter basis)

ترکیبات (واحد)	مقدار
پروتئین (٪)	۵۰
چربی (٪)	۱۲
خاکستر (٪)	۷/۸
فیبر خام (٪)	۰/۶
فسفر (٪)	۱/۲۹
ویتامین A (IE/kg)	۱۰۰۰۰
ویتامین D (IE/kg)	۱۰۰
ویتامین E (mg/kg)	۲۰۰
ویتامین C (mg/kg)	۱۰۰۰
انرژی کل (MJ/kg)	۲۰/۴
انرژی قابل هضم (MJ/kg)	۱۸/۸
انرژی قابل متابولیزه (MJ/kg)	۱۶/۴

آنالیز ترکیبات ریزمغذی‌های معدنی

جهت تعیین میزان ترکیبات ریز مغذی‌های معدنی، ابتدا نمونه‌های خشک شده با کوره الکتریکی (KLI 14, KTS, Iran) در دمای۵۵۰ درجه سلسیوس به خاکستر تبدیل شدند (AOAC, 2005). اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم با روش ارائه شده در استاندارد (MOOPAM, 2005) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Solaar.M5 کارخانه Thermo Electron-USA انجام شد. تعیین غلظت فسفر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-VIS 9000 Cecil) و با روش اسپکتروفتومتری مولیبدات در طول موج ۴۳۰ نانومتر انجام گردید (APHA, 2005). برای اندازه‌گیری آهن، مس و روی، به ۰/۳-۰/۱ گرم نمونه خاکستر ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ افزوده گردید و یک ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شد. سپس در محفظه داغ[2] به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد عمل هضم انجام شد، پس از خنک شدن نمونه به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (MOOPAM, 2005)، غلظت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Solaar.M5 کارخانه Thermo Electron-USA اندازه‌گیری شد. اندازه گیری پتاسیم و سدیم نیز با روش طیف سنج شعله‌ای توسط دستگاه فلیم فتومتر[3] (405C:IRI Corning) انجام گردید (ISIRI, 1998).

[1] Caviar Coppens, Germany

[2] Heater digest

[3] Flame photometer

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

آنالیز رنگ

سنجش رنگ نمونه‌های خاویار فیل ماهی وحشی و پرورشی با دستگاه رنگ سنج (Colorimeter) مدل IMG-Pardazesh, CAM-System، (شرکت ابزار کاران فن پویای شمال، ایران) که با (X: 84.48, Y: 86.19, Z: 99.46) کالیبره شده بود، انجام گردید. ارزیابی رنگ نمونه از طریق سنجش شاخص‌های رنگ Hunter L, a, b، تعیین گردید. در سیستم Hunter، حرف L نشان‌دهنده روشنایی یا سفیدی، رنگ سفید بالای محور و با نمره ۱۰۰ و در پایین محور رنگ سیاه با نمره صفر، a+ نشان‌دهنده قرمزی که محور آن با نمره ۱۰۰+، a- نشان‌دهنده سبز و با نمره ۱۰۰- و b+ نشان‌دهنده زرد با نمره۱۰۰+، b- نشان‌دهنده آبی با نمره ۱۰۰- می‌باشد که در دو طرف محورها قرار دارند. ΔE نشان‌دهنده تفاوت رنگ بین نمونه‌هاست (Bolin and Huxsoll, 1991; Kenney *et al*., 1992) و به صورت ذیل محاسبه گردید (CIE Technical Report, 2004):

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

شاخص رنگ L (سفیدی به سیاهی) نیز بر اساس معادله ذیل محاسبه گردید (Bolin and Huxsoll, 1991) :

$$L= 100- [(100-L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

توالی یابی به روش خاتمه یابی زنجیره

ابتدا نمونه‌های خاویار فیل ماهی وحشی و پرورشی در الکل ۹۶ درصد فیکس گردیدند. سپس از روش استاندارد استات آمونیوم (Pourkazemi, 1996) جهت استخراج DNA استفاده گردید. برای تعیین کمیت و کیفیت DNA استخراج شده از روش الکتروفورز ژل آگارز (پلیمر پلی ساکارید) ا درصد استفاده شد. انتخاب آغازگر بر اساس ترادف DNA ژنومی از ناحیه CoI (سیتوکروم اکسیداز یک) به صورت یونیورسال برگرفته شده از مقاله Ward و همکاران (۲۰۰۵) صورت گرفت. ترادف ژنی پرایمرها عبارتند از :

پرایمرجلوبر:5′TCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC3′

پرایمر معکوس:5′TAGACTTCTGGGTGGCCAAAGAATCA3′

جهت انجام واکنش PCR و تکثیر ژن هدف از ۱۰۰ نانوگرم DNA، ۰/۷ میکرولیتر از هر آغازگر (۳۰ پیکومول)، ۰/۱۵ میکرولیتر dNTP ۱۰ میلی مولار ، ۰/۱۵ میکرولیتر آنزیم Taq DNA polymerase با غلظت $^{u}/_{\mu}$ ۵، ۵ میکرولیتر بافر PCR (۱۰X)، ۱/۵ میکرولیتر $Mgcl_2$ ۵۰ میلی مولار و آب مقطر به اندازه‌ای که حجم نهایی محلول واکنش به ۵۰ میکرولیتر برسد، استفاده شد. تکثیر DNA در دستگاه الکتروفورز مدل (Auto Q Quanta Biotech) با برنامه، واسرشته سازی مقدماتی در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد در زمان سه دقیقه و یک چرخش، در ادامه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد، زمان ۴۵ ثانیه و ۳۲ چرخش جهت واسرشته سازی[1]، سپس اتصال[2] در دمای ۵۷-۵۶ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ ثانیه و ۳۲ چرخش، پس از آن گسترش[3] در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد، مدت ۴۵ ثانیه و ۳۲ چرخش و در نهایت دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد جهت بسط نهایی[4] در مدت زمان ۵ دقیقه و یک چرخش صورت گرفت. محصول PCR به روش الکتروفورز با ژل آگارز ۱/۵٪ مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از تایید کیفیت نمونه‌ها برای توالی‌یابی به شرکت بایونیر[5] کره جنوبی ارسال شدند و در آنجا توالی‌یابی آنها با روش خاتمه‌یابی زنجیره (Pherson *et al*., 2000) و با استفاده از دستگاه توالی‌یاب (DNA Sequence Analyzer) انجام شد. نرم افزار مورد استفاده برای ردیف کردن توالی های بدست آمده از نمونه های خاویار BioEdit Ver 7.1.3.0 بود (Thompson *et al*., 1997).

تجزیه و تحلیل آماری

جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلوموگروف – اسمیرنوف استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ و مقایسه بین میانگین‌های دو نمونه با آزمون تی[6] انجام گردید ($P<0/05$). نتایج به صورت (میانگین± انحراف معیار) گزارش گردید. آزمون غیرپارامتریک کروسکال-والیس (Kruskal-Wallis) به منظور ارزیابی داده های حاصل از پارامتر رنگ و جهت آنالیز توالی‌ها نیز از نرم افزار BioEdit Ver 7.1.3.0 استفاده شد. نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰، ترسیم گردیدند. این پژوهش دو تیمار (خاویار فیل ماهی وحشی دریای مازندران و خاویار فیل ماهی پرورشی) و هر آنالیز به غیر از آزمون ژنتیکی سه تکرار داشت.

[1] Denaturation
[2] Anneling
[3] Extention
[4] Elongation
[5] Bioneer
[6] T-test

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

نتایج

ترکیبات ریزمغذی‌های معدنی

نتایج ترکیبات ریزمغذی‌های معدنی خاویار فیل ماهی وحشی و پرورشی در جدول ۲ ارائه شده است. در نمونه خاویار وحشی مقدار کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه پرورشی بود در حالی‌که در نمونه خاویار پرورشی میزان آهن، مس و روی بالاتر بود ($p<0/05$). میزان سدیم بین دو نمونه تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0/05$) (جدول ۲).

جدول ۲: ترکیبات ریزمغذی‌های معدنی خاویار فیل ماهی وحشی و پرورشی (میکروگرم بر گرم وزن تر)

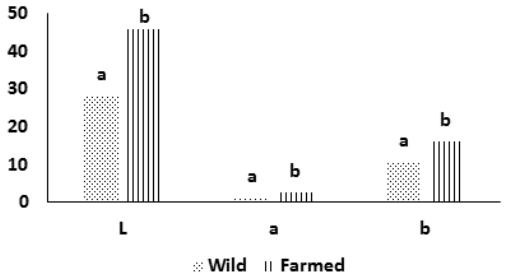
Table 2: Mineral micronutrients compositions in wild and farmed Beluga caviar (µg/g wet weight)

مواد معدنی	وحشی	پرورشی
کلسیم	۶۴/۲۳±۰/۱۷ [a]	۵۵/۳۶±۰/۰۳ [b]
منیزیم	۳۳۸/۵۲±۰/۲۱ [a]	۳۳۱/۳۹±۰/۰۹ [b]
فسفر	۱۷۲۲/۶۸±۱/۲۲ [a]	۱۷۰۲/۳۳±۲/۸۷ [b]
آهن	۵۰/۸۹±۰/۰۲ [a]	۵۳/۴۳±۰/۰۳ [b]
مس	۱/۲۴±۰/۰۱ [a]	۱/۳۵±۰/۰۲ [b]
روی	۱۲/۳۵±۰/۰۲ [a]	۱۷/۲۵±۰/۰۴ [b]
سدیم	۴۲۳۹/۴۳±۲/۷۲[a]	۴۲۳۷/۲۱±۲/۱۸ [a]
پتاسیم	۵۳۶۵/۴۵±۰/۰۶ [a]	۵۳۵۱/۴۹±۰/۲۳ [b]

میانگین ± انحراف معیار (MEAN±SD)، اعدادی که در ستون‌های افقی با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند تفاوت معنی داری دارند ($p<0/05$).

رنگ

میزان L که در سیستم رنگ هانتر نشان‌دهنده سفیدی به سیاهی می‌باشد در خاویار فیل ماهی وحشی ۲۸/۲۹ و در خاویار پرورشی ۴۶ درصد، میزان a که نشان‌دهنده قرمزی به سبز می‌باشد در خاویار فیل ماهی وحشی ۱/۳۴ و در نوع پرورشی ۲/۶۶ درصد و میزان b که نشان‌دهنده زردی به آبی می‌باشد در خاویار فیل ماهی وحشی ۱۰/۷۲ درصد و در خاویار پرورشی ۱۶/۲۷ درصد بود که در تمام موارد با هم تفاوت معنی‌داری داشتند ($p<0/05$) (شکل ۱). میزان ΔE (تفاوت رنگ) نیز بین دو نمونه خاویار ۱۵/۲۱ بود (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۱: مقایسه شاخص‌های رنگ بین خاویار فیل ماهی وحشی و پرورشی (درصد)

Figure 1: Color values comparison between wild and farmed Beluga caviar (%)

میانگین ± انحراف معیار (MEAN±SD)، اعدادی که در ستون‌های عمودی با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند تفاوت معنی داری دارند ($p<0/05$).

شکل ۲ : نمایش رنگ خاویارفیل ماهی وحشی

Figure 2: Color presentation of wild Beluga caviar

شکل ۳ : نمایش رنگ خاویارفیل ماهی پرورشی

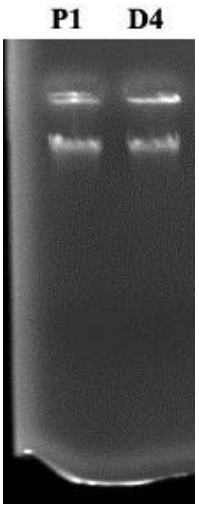
Figure 3: Color presentation of Farmed Beluga caviar

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

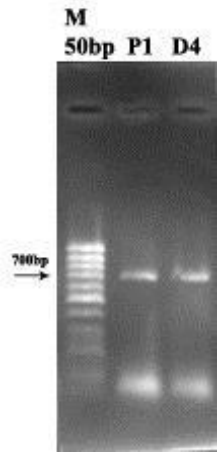
ساختار ژنتیکی

کیفیت مناسب DNA استخراج شده توسط روش الکتروفورز افقی ژل آگارز ۱ درصد (شکل ۴) و همچنین، کیفیت محصول PCR با الکتروفورز افقی ژل آگارز ۱/۵ درصد مورد ارزیابی و تایید قرار گرفتند (شکل ۵). توالی‌های به‌دست آمده از طرف شرکت بایونیر کره جنوبی، پس از ردیف شدن در خاویار وحشی شامل ۷۰۰ و در نمونه پرورشی شامل ۷۰۸ جفت باز (Base bp=pair) بودند (شکل‌های ۶ و ۷). هر دو توالی به‌دست آمده با شماره ثبت یکسان AY442351.1 که از گونه فیل ماهی در بانک ژنی (GenBank) وجود داشت، با ۱۰۰ درصد تطابق در نمونه خاویار وحشی و ۹۸/۳۱ درصد در خاویار پرورشی مطابقت داشت.



شکل ۴ : نمایش باند DNA بر روی ژل آگارز ۱ درصد

Figure 4: Presentation of DNA bands on gel electrophoresis %1
(D4: wild P1: farmed)



شکل ۵ : نمایش باند PCR بر روی ژل آگارز ۱/۵ درصد

Figure 5: Presentation of PCR bands on gel electrophoresis %1.5
(D4: wild P1: farmed)

GTGGCAATCACCCGTTGATTCTTTTCTACTAACCACAAAGATATTGGCACCCTGTTATTTAGTATTTGGTGCCTGAGCAGGCATAGTCGGCACAGCTAC
AGCCTTCTGATCCGTGCCGAACTGAGCCAACCCGGTGCCTTGCTTGGCGATGACCAGATCTACAATGTTATCGTACACAGCCCACGCCTTTGTCAATGA
TTTTCTTTATAGTAATACCCATCATAATTGGCGGATTCGGAAACTGATTGGTCCCCCTAATAATTGGAGCCCCAGACATGGCATTTCCTCGCATGAACA
ACATGAGCTTCTGACTTCTACCCCCACCTCCTTCCTACTCCTTTTGGCCTCCTCTGGGGTAGAGGCCGGAGCCGGTACAGGATGAACTGTTTACCCCCC
ACTGGCGGGAAACCTGGCCCATGCAGGAGCCTCTGTAGACCTAACCATTTTCTCCCTCCATCTGGCCGGGGTTTGGCGTCCATTCTGGGGGCTATTAAT
TAATTATTACCACAATCATTAACATGAAACCCCCCGCAGTATCCCAATATCAGACACCTCTATTTGTGTGATCTGTGTTAATCACGGCCGTACTTCTCCT
ACTATCACTGCCAGTGCTAGCTGCAGGGATCACAATACTCCTAACAGACCGAAATTTAAACACCACCTTCTTTGACCCAGCCGGAGGAGGAGACCCCA
TCCTCTACCAACACC

شکل ۶: توالی خاویار فیل ماهی وحشی

Figure 6: Wild Beluga caviar sequencing

GGTAGAGGCCGGAGCCGGTACAGGATGAACTGTTTACCCCCCACTGGCGGGAAACCTGGCCCATGCAGGAGCCTCTGTAGACCTAACCATTTTCTCCC
TCCATCTGGCCGGGGTTTCGTCCATTCTGGGGGCTATTAATTTTATTACCACAATCATTAACATGAAACCCCCCGCAGTATCCCAATATCAGACACCTC
TATTTGTGTGATCTGTGTTAATCACGGCCGTACTTCTCCTACTATCACTGCCAGTGCTAGCTGCAGGGATCACAATACTCCTAACAGACCGAAATTTAA
ACACCACCTTCTTTGACCCAGCCGGAGGAGGAGACCCCATCCTCTACCAACACCTATTTTGATTCTTTGGCCACCCAGAGGTGTACATTCTAATTCTAC
CAGGATTCGGCATGATCTCCCATATTGTAGCATACTATGCCGGCAAAAAAGAACCTTTTGGCTACATAGGAATAGTATGGGCTATGATGGCCATTGGA
CTATTAGGCTTTATCGTATGAGCTCATCACATATTTACAGTTGGAATGGACGTAGACACACGGGCCTACTTTACCTCCGCCACAATAATTATTGCCATC
CCCACAGGTGTCAAAGTCTTTAGCTGATTAGCCACCCTTCACGGCGGCTCAATTAAATGAGATACCCCCCTACTTTGAGCCTTAGGCTTTATTTTCCTAT
TCACAGTG

شکل ۷: توالی خاویار فیل ماهی پرورشی

Figure 7: Farmed Beluga caviar sequencing

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

بحث

با مقایسه مقادیر به‌دست آمده از ریزمغذی‌های معدنی، در نمونه خاویار وحشی میزان کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه پرورشی بود ($p<0/05$). منیزیم در بهبود بیماری های قلبی موثر است و وجود منیزیم کافی در ماده غذایی خطر ابتلا به آترواسکلروز و آریتمی قلبی را نیز کاهش می‌دهد (Seelig, 1989).

Fuentes و همکاران (۲۰۰۷) اظهار کردند که ماهیان خاویاری نمونه‌ای از ماهیان قدیمی هستند که متقاضی میزان کمی از کلسیم هستند. Li و همکاران (۲۰۱۴) عنوان نمودند، میزان فسفر، منیزیم در تخم تاس‌ماهی چینی (*Acipenser sinensis*) وحشی به طور معنی‌داری بالاتر از نوع پرورشی آن بود، اما مقدار کلسیم و روی بین دو گروه تفاوتی نداشت. آنان اذعان داشتند، بدیهی می‌باشد که میزان فسفر در آب دریا بیشتر از محیط پرورشی است. بنابراین، ممکن است بالاتر بودن میزان فسفر در نمونه وحشی به دلیل جذب بیشتر فسفر از طرف ماهیان وحشی باشد. آنها پیشنهاد دادند که به ماهیان پرورشی مکمل مواد معدنی که در آن کمبود داشتند مانند منیزیم، فسفر داده شود.

در این پژوهش مقدار آهن، مس و روی در نمونه خاویار پرورشی به طور معنی‌داری بالاتر از نوع وحشی خود بود ($p<0/05$). یکی از تاثیرات مهم مس بر بدن نقش عمده آن در ساخت هموگلوبین و نیز اکسیژن رسانی می‌باشد، حضور مس در خاویار موجب جلوگیری از تسریع روند فساد اکسیداتیو می‌شود.

DePeters و همکاران (۲۰۱۳) به منظور تشخیص تفاوت‌های اسیدهای چرب و ترکیبات معدنی تخم دو گونه پرورشی و وحشی تاس ماهی سفید (*Acipenser transmontanus*) در کالیفرنیا را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که غلظت آهن، روی، مس، فسفر، سولفور، کلسیم و پتاسیم در تخم ماهیان وحشی به‌ترتیب ۷۰/۶، ۵۹/۴، ۸/۳، ۹۷۱۶، ۶۹۴۵، ۳۱۱ و ۳۵۷۸ و در نمونه پرورشی نیز به‌ترتیب ۶۷/۳، ۵۴/۶، ۹/۴، ۹۶۷۶، ۶۷۰۶، ۳۱۳ و ۴۰۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود که با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p>0/05$). اما در میزان منیزیم که در نمونه وحشی و پرورشی به‌ترتیب ۶۹۰ و ۵۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. آنها تحقیقات گسترده‌تری را بر تعداد بیشتری از مواد معدنی کمیاب و نیز بر نمونه‌هایی از موجودات زنده که در شبکه غذایی ماهیان خاویاری وجود دارند مانند دو کفه‌ای‌ها را پیشنهاد دادند تا دریابند که آیا در تخم ماهیان خاویاری وحشی میزان مواد معدنی و پروفایل اسیدهای چرب با منبع غذایی آنها مرتبط می‌باشد. Gessner و همکاران (۲۰۰۲) بر ترکیبات بیوشیمیایی خاویار ماهیان خاویاری وحشی و پرورشی و تاثیر منابع غذایی بر ترکیبات اسیدهای چرب و بار آلودگی، مطالعاتی را انجام دادند و اظهار نمودند که وجود میزان بالای مس و روی در خاویار این ماهیان نشان‌دهنده نیاز آنها به این مواد معدنی بوده است. مقدار هیدروکربن کلرینیت به طور وسیعی در نمونه‌های تحت آزمایش آنان متفاوت بود ($p<0/05$) که این امر، نشان‌دهنده تفاوت‌های معمول مربوط به محل زندگی، منبع و گونه ماهیان می‌باشد. با توجه به تفاوتی که بین خاویار ماهیان وحشی و ماهیان پرورشی در سیستم متراکم که از غذای فرموله شده تغذیه کردند وجود داشت، آنها بهبود رژیم غذایی را الزامی دانستند. Wirth و همکاران (۲۰۰۰) تفاوت معنی‌داری را در مقدار مس، روی، کادمیوم و سرب بین خاویار گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری مشاهده نکردند ($p>0/05$). آنان بیان نمودند که مقدار مس و روی در ماهیان مختص نیازهای گونه‌ای در ماهیان می‌باشد و آلودگی محیط زیست در آن تاثیری ندارد. Alasalvar و همکاران (۲۰۰۲) ترکیبات معدنی کمیاب گوشت ماهی خاردار اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) وحشی و پرورشی را مورد بررسی قرار دادند و اظهار نمودند که میزان آهن در گوشت نمونه وحشی و پرورشی به‌ترتیب ۵/۸۶±۶۳/۱ و ۲/۸۳±۵۱/۲۲ میکروگرم بر گرم و منگنز در نمونه وحشی و پرورشی به‌ترتیب ۱/۱۵±۶/۵۳ و ۰/۴۱±۷/۲۵ میکروگرم بر گرم بودند که با هم تفاوت معنی‌داری داشتند ولیکن، میزان مس در نمونه وحشی ۰/۲۲±۲/۹۶ و در پرورشی ۰/۵۵±۳/۸۷ میکروگرم بر گرم و روی در نمونه وحشی ۳/۷۴±۴۳/۶ و در پرورشی ۵/۳۵±۴۵/۱ میکروگرم بر گرم بودند که تفاوت معنی‌داری نداشتند. آنها علل تفاوت در مقدار مواد معدنی بین دو نمونه را تفاوت در محیط زیست و تغذیه آنها دانستند و پیشنهاد دادند از مکمل‌های معدنی در رژیم غذایی ماهیان پرورشی به منظور بهبود رژیم غذایی استفاده شود.

رنگ یکی از ویژگی های مهم کیفیت خاویار می‌باشد. نتایج پژوهش اخیر حاکی از آن بود که شاخص‌های رنگ در هر دو نمونه خاویار با هم تفاوت معنی‌داری دارد ($p<0/05$) که این امر می‌تواند به دلیل تفاوت در رژیم غذایی و محل زندگی آنها باشد.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

Park و همکاران (۲۰۱۵) بر ترکیبات بیوشیمیایی و عمومی خاویار ماهی خاویاری پرورشی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) در کره تحقیق کردند و بیان کردند که میزان شاخص L به طور معنی‌داری پس از هشت هفته کاهش یافته است اما شاخص‌های a و b تغییری نداشته است. آنها اظهار کردند که میزان شاخص L تا پنج هفته تغییری نداشت، اما پس از آن به‌شدت کاهش یافت. Lee و همکاران (۲۰۱۱) نیز بر کاراکترهای کیفیت غذا و سلامت تخم ماهیان وارداتی ماهی پرنده ژاپنی (*Cheilopogon agoo*) ، ماهی کاپلین (*Mallotus villosus*) و شاه ماهی آرام (*Clupea pallasii*) مطالعاتی انجام دادند و رنگ تخم این سه ماهی را مورد مقایسه و بررسی قرار دادند. آنها میزان شاخص L را به‌ترتیب در سه ماهی، ۳۳/۴۵، ۶۴/۶۴ و ۵۴/۹۷ درصد، میزان شاخص a را ۸/۶۶، ۰/۲۴ و ۱/۵۶- درصد، سپس میزان شاخص b را ۱۷/۱۱، ۲۳/۴۴ و ۱۶/۳۷ درصد و در نهایت مقدار ΔE را نیز به همان ترتیب ۶۶/۰۸، ۳۹/۴۹ و ۴۴/۷۹ اعلام کردند.

در این پژوهش، تفاوت ژنتیکی معنی داری بین دو نمونه خاویار وحشی و پرورشی فیل ماهی دریای مازندران مشاهده نگردید و این دو نمونه در ساختار ژنتیکی همچنان مشابه می‌باشند. عمر طولانی ماهیان خاویاری به حفظ تنوع ژنتیکی در آنان کمک می کند (Barmintseva and Mugue, 2018)، علاوه بر این، Beaumont (۱۹۹۴) اظهار داشت که در ماهیان به دلیل خونسرد بودن آنها تنوع ژنتیکی پایین بوده و سرعت تکامل و تغییر نوکلئوتیدی نیز به دلیل متابولیسم پایین آنان کم می‌باشد.

Barmintseva و Mugue (۲۰۱۸) اختلافات ژنتیکی بین جمعیت وحشی و پرورشی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) را در روسیه مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که به دلیل کمبود تعداد مزارع پرورشی و آمیزش خویشاوندی بین ماهیان با کاهش تنوع ژنتیکی رو به رو هستند که در بسیاری از موارد منجر به کاهش تولید و ایجاد ناهنجاری‌های دوران جنینی می‌گردد. بنابراین، آنها پیشنهاد کردند که تا حد امکان از آمیزش خویشاوندی جلوگیری شده و از ماهیان مزارع غیر خویشاوند و تعداد مولدین بیشتر جهت آمیزش استفاده شود.

نوروز فشخامی و خسرو شاهی (۱۳۷۴) تعداد کروموزوم‌های فیل‌ماهی را ۱±۱۱۵=2n و تعداد بازوهای کروموزومی آن (NF) ۳۵۶ اعلام کردند. Rezvani Gilkolaei (۲۰۰۰) تنوع mtDNA جمعیت تاس‌ماهیان روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) حوضه جنوبی دریای مازندران را بررسی نمود و اظهار کرد که تفاوت معنی‌داری زیادی در پراکنش هاپلوتایپی جمعیت این ماهیان بین مناطق غرب و شرق وجود دارد. او عنوان نمود نتایج حاصل از پژوهش وی برخلاف نتایج Pourkazemi (۱۹۹۶) بود که تفاوت معنی‌داری را بین جمعیت‌های ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*) موجود در همین مناطق پیدا نکرد. Rezvani Gilkolaei و Skibinski (۱۹۹۹) علت این امر را ابتدا به علت رود کوچ بودن تاس‌ماهی روسی دانستند که برای تخم‌گذاری به نواحی مختلف دریای مازندران مهاجرت می‌کند و هر یک از این نواحی می‌تواند جمعیت جداگانه‌ای داشته باشد که پس از آمیزش با یکدیگر موجب تنوع بالای هاپلوتایپی در این ماهی گردد. از سوی دیگر، اشکال مختلف محیط زیست هم می‌تواند دلیلی بر تنوع هاپلوتایپی بالای آن باشد. شعبانی و همکاران (۱۳۸۴) جمعیت ماهی ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) را در دو ناحیه شمالی و جنوبی دریای مازندران بررسی کردند و عنوان نمودند که با وجود فاصله زیاد جغرافیایی (۱۰۰۰ کیلومتر) بین دو منطقه مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری را بین جمعیت این ماهیان نیافتند. آنها اظهار کردند، احتمالاً ماهیانی که در رودخانه تجن صید می‌شوند ماهیان مهاجری هستند که برای تغذیه از ناحیه شمالی به بخش جنوبی دریای مازندران می‌آیند. بنابراین، آنها بهترین راه تشخیص بین ماهیان این دو منطقه را استفاده از پنج آنزیم برشگر و شناسایی هاپلوتیپ‌های این مناطق دانستند.

در مجموع، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نمونه خاویار وحشی به طور معنی‌داری حاوی میزان بالاتری از کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم نسبت به نمونه پرورشی بود در حالی‌که در نمونه خاویار پرورشی مقدار آهن، مس و روی بالاتر بود. همچنین شاخص حسی رنگ نیز بین دو نمونه تفاوت معنی‌داری داشت که این‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت در رژیم غذایی و محیط زیست بین دو فیل ماهی باشد، ولیکن ساختار ژنتیکی نمونه پرورشی تفاوت معنی‌داری با نوع وحشی خود نداشت. به منظور بالا بردن کیفیت غذایی، بهبود برخی ریزمغذی‌های معدنی و تشابه رنگ خاویار پرورشی با نوع وحشی خود، می‌توان از مکمل‌های معدنی مناسب در رژیم غذایی آنان استفاده نمود. علاوه بر آن، مطالعه و بررسی سایر روش‌های مولکولی و مکان‌های ژنتیکی (loci) بیشتر برای تعیین ساختار ژنتیکی بین این دو نمونه پیشنهاد می‌گردد.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

منابع

شریفی، م، نجاتخواه معنوی، پ، چکمه دوز قاسمی، ف. و بهمنش، ش.، ۱۳۹۵. ساختارژنتیکی و جمعیتی ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) سواحل جنوبی دریای خزر و پشت سد ارس با استفاده از روش توالی‌یابی DNA (DNA sequencing)، نشریه توسعه آبزی پروری، سال دهم، شماره چهارم، صفحات ۷۳-۶۳.

شعبانی، ع.، پورکاظمی، م. و رضوانی، س.، ۱۳۸۴. بررسی مولکولی جمعیت ماهیان اوزون‌برون (*Acipenser stellatus*) بخش شمالی (رودخانه ولگا) و جنوبی (رودخانه تجن) دریای خزر به روش مولکولی PCR-RELP، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره ششم.

نوروز فشخامی، م.ر. و خسرو شاهی، م.، ۱۳۷۴. پروژه کاریولوژی (مطالعات کروموزومی) ماهیان خاویاری از طریق کشت گلبوهای سفید خون، مجله علمی شیلات ایران، شماره دو، سال چهارم، صفحات ۷۱-۶۳.

هدایتی‌فرد، م. و پورمولائی، ن.، ۱۳۹۵. مطالعه شاخص‌های کیفیت، بار میکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهیان دودی سفید و کفال طلایی بازارهای شمال ایران، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۵۷، دوره ۱۳. صفحات ۱۵۸-۱۴۵.

Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Zubcov, E., Shahidi, F. and Alexis, M., 2002. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Journal of Food Chemistry*, 79: 145-150. DOI:10.1016/S0308-8146(02)00122-X.

AOAC, 2005. AOAC-Association of official analytical chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International 18th ed. *Gaithersburg, Maryland*, 20877-2417, USA.

APHA, 2005. WEF, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater 21: 258-259 .

Ballard, J.W.O. and Whitlock, M.C., 2004. The incomplete natural history of mitochondria. *Journal of Molecular Ecology*, 13: 729-744.

Barmintseva, A. and Mugue, N., 2018. Genetic Variation of the Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) in Aquaculture. *Russian Journal of Genetics*, 54: 210-217 .

Beaumont, A., 1994. Genetics and evolution of aquatic organisms. Springer Science & Business Media.

Bolin, H.R. and Huxsoll, C.C., 1991. Effect of Preparation Procedures and Storage Parameters on Quality Retention of Salad-cut Lettuce. *Journal of Food Science*, 56: 60-62. DOI:10.1111/j.1365-2621.1991.tb07975.x.

Boscari, E., Vitulo, N., Ludwig, A., Caruso, C., Mugue, N.S., Suciu, R., Onara, D.F., Papetti , C., Marino, I.A. and Zane, L., 2017. Fast genetic identification of the Beluga sturgeon and its sought-after caviar to stem illegal trade. *Journal of Food Control*, 75:145-152 .

CIE Technical Report, 2004. Colorimetery 3d. Commission International de IEclairage (CIE). CIE publication No. 15. Vienna. Austria, Central Bureau of the CIE.

DePeters, E.J., Puschner, B., Taylor, S.J. and Rodzen, J.A., 2013. Can fatty acid and mineral compositions of sturgeon eggs distinguish between farm-raised versus wild white (*Acipenser transmontanus*) sturgeon origins in California? Preliminary report. *Journal of Forensic Science International*, 229: 128-132. DOI:10.1016/j.forsciint.2013.04.003.

Dudu, A., Georgescu, S.E., Burcea, A., Florescu, I. and Costache, M., 2014. Analysis of genetic diversity in beluga sturgeon (*Huso huso*, L., 1758) from the Lower Danube River using DNA markers. *Journal of Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 47: 64-68.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

Falahatkar, B. and Najafi, M., 2019. Modifying the physiological responses to handling stress in beluga sturgeon (*Huso huso*, L., 1758); Interactive effects of feeding time and dietary fat. *Journal of Applied Ichthyology*, 35: 307-312. DOI:10.1111/jai.13847.

Fuentes, J., Haond, C., Guerreiro, P.M., Silva, N., Power, D.M. and Canário, A.V.M., 2007. Regulation of calcium balance in the sturgeon (*Acipenser naccarii*): a role for PTHrP. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 293:R884-R893. DOI: 10.1152/ajpregu.00203.2007.

Gessner, J., Wirth, M., Kirschbaum, F., Krüger, A. and Patriche, N., 2002. Caviar composition in wild and cultured sturgeons – impact of food sources on fatty acid composition and contaminant load. *Journal of Applied Ichthyology*, 18: 665-672. DOI:10.1046/j.1439-0426.2002.00366.x.

Gessner, J., Würtz, S., Kirschbaum, F. and Wirth, M., 2008. Biochemical composition of caviar as a tool to discriminate between aquaculture and wild origin. *Journal of Applied Ichthyology*, 24: 52-56. DOI:10.1111/j.1439-0426.2008.01092.x.

Halver, J.E. and Hardy, R.W., 2002. Fish Nutrition. In: Sargent, J.R., Tocher, D.R. and Bell, G., Eds., The Lipids. Academic Press, California**.** pp. 182-246.

Hebert, P.D., Cywinska, A., Ball, S.L. and Dewaard, J.R., 2003. Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London. *Series B: Biological Sciences*, 270: 313-321. DOI:10.1098/rspb.2002.2218.

ISIRI, 1998. Dried milk -Determination of Sodium and Potassium Content Flame emission Spectrometric method. Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI) No. 4540. 1st revision, Karaj, ISIRI, (in Persian).

Kenney, P.B., Kastner, C.L. and Kropf, D.H., 1992. Muscle Washing and Raw Material Source Affect Quality and Physicochemical Properties of Low-salt, Low-fat, Restructured Beef. *Journal of Food Science*, 57: 545-550. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1992.tb08039.x.

Khoshkholgh, M., Pourkazemi, M., Nazari, S. and Azizzadeh Pormehr, L., 2011. Genetic diversity in the Persian sturgeon (*Acipenser percicus*) from the south Caspian Sea based on mitochondrial DNA sequences of the control region. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 9**:** 17-25.

Kohlmann, K., Ciorpac, M., Kersten, P., Suciu, R., Taflan, E., Tosic, K., Holostenco, D. and Geßner, J., 2018. Development and assessment of a multiplex PCR assay for genetic analyses of microsatellite loci in beluga sturgeon (*Huso huso*). *Journal of Genetics of Aquatic Organisms*, 2: 35-41.

Lee, J., Kim, J., Kim, J., Oh, K., Choi, B., Park, K. and Choi, J., 2011. Food quality characterization and safety of imported fish roe (Japanese flying fish roe, Capelin roe and Pacific herring roe). *Journal of Agriculture and Life Sciences*, 45: 95-108 .

Li, W., wei, Q.W. and Shen, L., 2014. Biochemical comparison between eggs from female Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*, Gray, 1835) reconditioned in freshwater and eggs from wild females: evaluation of female reconditioning as a conservation culture technique. *Journal of Applied Ichthyology*, 30: 1237-1242. DOI:10.1111/jai.12547.

MOOPAM, 2005. Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

Regional Organization for the Protection of the Marine Environment.

Park, K.S., Kang, K .H., Bae, E.Y., Baek, K.A., Shin, M.H., Kim, D.U., Kang, H.K., Kim, K.J., Choi, Y.J. and Im, J.S., 2015. General and biochemical composition of caviar from Sturgeon (*Acipenser ruthenus*) farmed in Korea. *Journal of International Food Research*, 22: 777-781.

Pherson, M., Moller, M. and Moller, S., 2000. PCR: The Basics from Background to Bench. BIOS Scientific Publishers Ltd. population structure. *Evolution*, 38: 1358-1370 .

Pourkazemi, M., 1996. Molecular and biochemical genetic analysis of sturgeon stocks from the south Caspian Sea. Ph.D. Thesis, School of Biological Science University of Wales, Swansea, 260 P.

Rezvani Gilkolaei, S., 1997. Molecular population genetic studies of sturgeon species in the south Caspian Sea. Ph.D. Thesis, School of Biological Science University of Wales, Swansea, 196 P.

Rezvani Gilkolaei, S. and Skibinski, D., 1999. 2. Polymerase Chain Reaction (PCR) and direct sequencing of mtDNA from the ND5/6 gene region in Persian strugeon (*Acipenser persicus*) from the southern Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 1: 23-34 .

Rezvani Gilkolaei, S., 2000. Study of mtDNA vatriation of Russian sturgeon population from the south Caspian Sea using RFLP analysis of PCR amplified ND5/6 gene regions. IFRO, 2:13-36 .

Seelig, M., 1989. Cardiovascular consequences of magnesium deficiency and loss: Pathogenesis, prevalence and manifestations—Magnesium and chloride loss in refractory potassium repletion. *The American Journal of Cardiology*, 63:G4-G21. DOI: 10.1016/0002-9149(89)90213-0.

Thompson, J.D., Gibson, T.J., Plewniak, F., Jeanmougin, F. and Higgins, D.G., 1997. The CLUSTAL_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Journal of Nucleic Acids Research*, 25: 4876-4882 .

Ward, R.D., Zemlak, T. S., Innes, B.H., Last, P.R. and Hebert, P.D., 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360: 1847-1857 .

Wirth, M., Kirschbaum, F., Gessner, J., Krüger, A., Patriche, N. and Billard, R., 2000. Chemical and biochemical composition of caviar from different sturgeon species and origins. *Journal of Food / Nahrung*, 44:233-237. DOI:10.1002/1521-3803(20000701)44:4%3C233::AID-FOOD233%3E3.0.CO;2-1.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]

Evaluation the Changes of Commercial Indices in Freshwater Farmed Caspian Sea Beluga Sturgeon (*Huso huso*) Caviar: Mineral micronutrients, Color and Genetic structure

Barimani Sh.[1]; Hedayatifard M.[1*]; Motamedzadegan A.[1,2]; Bozorgnia A.[1]

[*]hedayati.m@qaemiau.ac.ir

1- Department of Fisheries, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
2- Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Abstract

The aim of this study was to identify and compare the mineral micronutrients compositions, color and genetic structure differences between the wild and farmed Caspian Sea Beluga (*Huso huso*) sturgeon caviar, which plays an important role to caviar market transparency to prove farmed caviar quality and nutritional values and wild and farmed Beluga caviar genetic identification. Mineral micronutrients were measured by atomic absorption, spectrophotometric and flame atomic emission spectroscopy methods, color by colorimeter and genetic differences by PCR sequencing method. Results showed that, wild samples contained higher amounts of calcium, magnesium, phosphorus and potassium than farmed ones ($P<0.05$), while, iron, copper and zinc were higher in farmed samples ($P<0.05$). Sodium content had no significant differences between wild and farmed samples, 4239.43±2.72 and 4237.21±2.18 (µg/g wet weight) respectively ($P>0.05$). L value in wild sample was 28.29 and in farmed one was 46%, a value was 1.34 and 2.66% and b value was 10.72 and 16.27% respectively ($P<0.05$), ΔE (color differences) was 15.21 between two samples. Genetic structure had no significant differences between two samples. In conclusion, it can be said that, there was significant differences in mineral micronutrients contents and color but genetic structure did not show any significant differences between two samples.

Keywords: Beluga sturgeon, Caviar, Color, Genetic differences, Mineral micronutrients

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.1.6]