Journal of Aquaculture Development
Vol. 20, No. 4, 2027, Pages: 109-126
DOI: 10.71901/jad-2026-2-924

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effects of malt extract and vitamin B3 on hematological, stress, and biochemical blood indices in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)

Abbas Hamzedust[1], Masoud Farokhrouz[1*], Hadi Ershad Langroudi[1], Abbasali Zamini[1], Hossin Khara[1]

1- Department of Fisheries, La.C., Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Received: 19 February 2026 **Accepted: 9 April 2026**

Extended Abstract:

Introduction: Introduction: The Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) is one of the most valuable sturgeon species in aquaculture, prized for its high-quality meat and caviar, broad environmental adaptability, and tolerance to low temperatures. With growing global demand for fishery products and declining natural stocks, artificial propagation and intensive farming of this species have become increasingly important. A major challenge in intensive sturgeon culture is meeting precise nutritional requirements, particularly regarding essential micronutrients such as vitamins and immunostimulants. Niacin (vitamin B3), as a precursor to the coenzymes NAD and NADP, plays a critical role in energy metabolism, cellular respiration, glycogen synthesis, and lipid metabolism. Barley malt extract, obtained through germination and extraction of barley grains, is rich in B-complex vitamins (B1, B2, B3, B6, B12), fermentable carbohydrates (maltose, dextrin), phenolic compounds with antioxidant properties, and prebiotic beta-glucans. These components can act as growth promoters, digestive enhancers, and immune system stimulants. Despite numerous studies on other fish species, no research has yet investigated the synergistic effects of malt extract and niacin on hematological, immune, and stress indices in Siberian sturgeon. Therefore, this study aimed to compare the effects of different dietary levels of malt extract and vitamin B3, alone and in combination, on hematological, biochemical, and stress parameters in juvenile Siberian sturgeon.

Materials and methods: In this experimental study, 300 juvenile Siberian sturgeon with an average initial weight of 50 ± 0.16 g were obtained from the Shahid Beheshti Sturgeon Propagation and Rearing Center in Rasht and transferred to the Dr. Keyvan Research Center. After 48 hours of fasting and one week of acclimation, fish were randomly distributed into 8 treatments with 3 replicates each (10 fish per tank), including: control (basal diet), 1% and 1.5% malt extract, 20 and 30 mg/kg niacin, combined diets of 1% malt extract+20 mg/kg niacin and 1.5% malt extract+30 mg/kg niacin, and a 96% ethanol treatment (solvent control). The rearing period lasted 8 weeks in 500-L tanks. Vitamin B3 powder was dissolved in 96% ethyl alcohol and distilled water and sprayed onto the basal diet. Feeding was performed daily at 2–3% of live biomass in three meals. At the end of the trial, after anesthesia with clove powder, blood samples were collected from the caudal vein. RBC and WBC counts were performed using a Neubauer hemocytometer; hemoglobin by cyanmethemoglobin method; hematocrit by microhematocrit method; and differential leukocyte counts by Giemsa staining. Biochemical parameters (glucose, cortisol, iron, cholesterol, triglycerides, sodium, potassium, and calcium) were measured using an autoanalyzer. Data were analyzed using ANOVA and Tukey's test at $p < 0.05$.

Results and Discussion: The results showed that experimental treatments had significant effects on most hematological and biochemical parameters ($p < 0.05$). The 30 mg/kg niacin treatment (B30) exhibited the highest red blood cell count (850,500 ± 10,606 vs. 774,500 ± 707 in control), white blood cell count (7,050 ± 494.97), hemoglobin (5.95 ± 0.09 g/dL), and hematocrit (30.80 ± 0.42%). The lowest mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) (30.19 ± 0.28%) and mean corpuscular hemoglobin (MCH) (69.90 ± 0.28 pg) were observed in the B30 group, while the highest values for these two indices were recorded in the 96% ethanol group (Al96) at 19.80 ± 0.28% and 72.15 ± 0.92 pg, respectively. The highest mean corpuscular volume (MCV) (364 fL) was found in groups F, M1.5, and Al96, whereas the lowest MCV (361 fL) was seen in groups M1, B20, B30, M1+B2, and M2+B3. The lowest hematocrit (28.20 ± 0.0%) was recorded in groups F and M2+B3, and the highest (38.80 ± 0.43%) in group B30. The highest neutrophil percentage (17 ± 1.41%) was observed in group B30, and the lowest (9.50 ± 2.12%) in group F. The highest monocyte percentage (5.50 ± 0.071%) was recorded in the M1.5 treatment, and the highest lymphocyte percentage (87 ± 1.41%) was observed in Treatment 1. The highest glucose (65 ± 0.1 mg/dL) and cortisol (2.1 ± 0.12 mg/dL) levels were recorded in the 1.5% malt extract treatment (M1.5). The highest serum iron levels were observed in the M1.5 treatment (42.1 ± 0.8 mg/dL) and the M2+B3 combination (42.03 ± 0.7 mg/dL), which were higher than the control (37.25 ± 1.63 mg/dL). The highest cholesterol levels were found in the Al96 group (366.2 ± 0.2 mg/dL) and the M2+B3 group (365.0 ± 0.43 mg/dL), while the lowest cholesterol levels were recorded in the M1 group (351 ± 1.27 mg/dL) and the M1.5 group (365.0 ± 0.23 mg/dL). The highest triglyceride level was observed in the Al96 group (371 ± 0.23 mg/dL), and the lowest levels were recorded in the M1 group (313 ± 0.23 mg/dL) and the M1.5 group (315 ± 0.89 mg/dL). Sodium, potassium, and calcium showed no significant differences among treatments ($p > 0.05$).

Conclusion: The diet containing 1.5% malt extract and 30 mg/kg niacin improved hematological indices, increased serum iron, regulated glucose and cortisol within physiological ranges, and reduced adverse lipid effects without any negative impact on electrolyte balance. Therefore, it can be recommended as an effective nutritional strategy for promoting health and reducing stress in Siberian sturgeon aquaculture. Ethanol 96% is not suitable as a carrier.

Conflict of Interest: The authors declare that there is no conflict of interest regarding the conduct and publication of this research.

Acknowledgment: We hereby express our sincere gratitude and appreciation to Mr. Shahryar Tagheipour Kouhbaneh and all esteemed colleagues who cooperated in advancing the scientific objectives of this research.

Key words: Blood biochemical parameters, Survival, Stress indices, Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*

* *Corresponding Author: soheilbm274@gmail.com*

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال بیستم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۵، صفحه های ۱۲۶-۱۰۹
DOI: 10.71901/jad-2026-2-924

"مقاله پژوهشی"

تأثیر عصاره مالت و ویتامین نیاسین (B_3) بر شاخص‌های خونی، استرس و بیوشیمیایی خون در تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*)

عباس حمزدوست[۱]، مسعود فرخ روز[۱*]، هادی ارشاد لنگرودی[۱]، عباسعلی زمینی[۱]، حسین خارا[۱]

۱- گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۱/۲۰

چکیده

ویتامین نیاسین (B_3) و ویتامین‌های موجود در عصاره مالت، در فرآیند متابولیسم و تولید انرژی در سلول‌ها نقش مهمی دارند. در این تحقیق ۳۰۰ قطعه تاس‌ماهی سیبری با میانگین وزن اولیه ۰/۱۶± ۵۰ گرم در ۸ گروه آزمایشی هرکدام ۳ تکرار در ۲۴ مخزن ۵۰۰ لیتری مدور فایبرگلاس مجهز به هواده با تخلیه مرکزی، حاوی ۱۰ عدد ماهی مجهز به هواده با تخلیه آب مرکزی به‌صورت کاملاً کنترل‌شده تیماربندی شده، و طی ۸ هفته انجام شد. غذادهی به‌صورت روزانه درحد سیری در گروه اول شاهد با جیره معمول(F)، گروه دوم با جیره حاوی عصاره مالت با مقادیر۱ درصد(M1)، گروه سوم با جیره حاوی ۱/۵٪ عصاره مالت (M2)،گروه چهارم با جیره حاوی نیاسین (B20) ۲۰ ($mg.kg^{-1}$)، گروه پنجم با جیره حاوی نیاسین (B_30) ۳۰$mg.kg^{-1}$، گروه ششم با جیره حاوی عصاره مالت ۱٪± $mg.kg^{-1}$ ۲۰ (M1+B20)، گروه هفتم با جیره حاوی عصاره مالت ۱/۵ ٪ ± ۳۰ (M2+B30) و گروه هشتم الکل٪ ۹۶ (Al96) انجام شد. نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های بیوشیمیایی خون بچه تاسماهی سیبری در تیمارهای آزمایشی بود ($p<۰/۰۵$). در شاخص‌های خونی تعداد گلبول‌های قرمز در تیمار B30 با میانگین ($۱۰^{۳}$ $mm^{-۳}$) ۸۵۰۵۰۰±۱۰۶۰۶ و تعداد گلبول‌های سفید در همین تیمار به ($۱۰^{۳}mm^{-}$) ۷۴۹/۹۷ ± ۷۰۵۰ رسید که نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار است. همچنین، میزان هموگلوبین در تیمار (B30) به(g/dL) ۵/۹۵±۰/۹ رسید. در فاکتورهای بیوشیمیایی، میزان گلوکز در تیمار M2 با میزان mg/dl ۶۵±۰/۱ و کورتیزول در تیمار M2+B30 با میزان mg/dl ۲/۲±۰/۸۶۱ و میزان آهن در تیمار M2+B30 با میزان mg/dl ۴۲/۰۳±۰/۷ و کلسترول در تیمار Al96 با میزان mg/dl ۳۶۶±۰/۲ بیشترین مقدار را داشته و با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد و میزان سدیم، پتاسیم و کلسیم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در تیمارهای مورد مطالعه نداشت بود ($p>۰/۰۵$). نتایج نشان داد تأثیرات مثبت تیمارهای مختلف بر شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهیان بود. بر طبق نتایج، استفاده از ویتامین نیاسین به میزان $mg.kg^{-1}$ ۱/۵ ٪±۳۰ شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی را بهبود می‌بخشد.

کلمات کلیدی: شاخص‌های بیوشیمیایی خون، بازماندگی، شاخص‌های استرس، تاس‌ماهی سیبری

* عهده‌دار مکاتبات: masoud.farokhrouz@iau.ac.ir

مقدمه

در حال حاضر، به دلیل صید بی‌رویه و از بین رفتن مناطق مهم تخم‌ریزی نسل بسیاری از گونه‌های آبزی در معرض خطر قرار گرفته است. به همین دلیل، توجه ویژه‌ای به تکثیر و پرورش مصنوعی ماهیان خاویاری شده است. با توجه به پیشرفت‌هایی که در صنعت آبزی‌پروری تاسماهیان صورت گرفته، اما اطلاعات کاملی در مورد نیازمندی‌های تغذیه‌ای تاسماهیان وجود ندارد. به طور کلی، تغذیه و بازماندگی ماهیان به ویژه در زمان استفاده از جیره غذایی فرموله شده از اهمیت بالایی برخوردار است (Ghorbani vaghei *et al*., 2023). ماهی یک منبع مهم از مواد مغذی است و نقش کلیدی در تأمین مواد مغذی برای انسان ایفا می‌کند (Thomsen *et al*., 2022; Chrysohoou *et al*., 2007; Balami *et al*., 2019).

افزایش تقاضا برای محصولات شیلاتی منجر به پیش‌بینی افزایش تقاضا برای مصرف آبزیان در آینده شده است. در سال ۲۰۳۰، تقاضای جهانی برای محصولات شیلاتی بیشتر از عرضه آن‌ها خواهد بود (Emadi *et al*., 2020). ماهیان خاویاری به دلیل کیفیت بالای گوشت و ارزش خاویار، جزء گرانترین و با ارزش‌ترین ماهیان محسوب می‌شوند (Williot *et al*., 2011; Hung 2017; Raposo *et al*., 2023). تاس‌ماهی سیبری گونه‌ای آب شیرین غیرمهاجر است که در بخش‌های میانی و پایین‌دست رودخانه‌ها زندگی می‌کند. این ماهی به دلیل خصوصیات ارزشمندی مانند مقاومت در برابر تغییرات محیط زیست، سازگاری با دماهای پایین و توانایی پذیرش مواد غذایی گسترده، برای پرورش مناسب است (Williot *et al*., 2018; Aidos *et al*., 2022; Koksal *et al*., 2003).

پرورش ماهیان خاویاری جزء برنامه‌های توسعه‌ی تولید آبزیان است و تعیین وضعیت فیزیولوژیک آنها در محیط‌های پرورشی مختلف برای بهینه‌سازی استفاده از منابع اهمیت ویژه‌ای دارد (Evans and Claiborne, 2005). افزایش رشد و مقاومت به بیماری در موجودات پرورشی دو عوامل مهم تأثیرگذار می‌باشند (Li *et al.*, 2007). استفاده از ترکیبات محرک ایمنی در ماهیان بخصوص در شرایط پرورش متراکم راه حل مناسبی در راستای پیشگیری از بروز بیماری های عفونی است (Galina *et al*., 2009; Harikrishnan *et al*., 2011).

تغذیه آبزیان جزء جدیدترین شاخه علوم تغذیه‌ای است و با توجه به علوم بیوشیمی و فیزیولوژی مربوط به یک جاندار، می‌تواند درباره تأمین احتیاجات غذایی آن بحث کند. تغذیه همچنین بر رشد موجودات آبزی، از جمله ماهی، تأثیر بسزایی دارد (Golden *et al*., 2021). در ماهیان، یک فرمولاسیون صحیح جیره غذایی قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود بخشیده، نیازهای سوخت و ساز بدن را تأمین نموده، هزینه نگهداری را کاهش داده و در عین حال آلودگی کمتر منبع آبی را به همراه خواهد داشت (Bharathi *et al*., 2019).

افزودن ویتامین‌ها به جیره‌های غذایی آبزیان پرورشی ضروری است، زیرا این ویتامین‌ها نقش مهمی در انجام پدیده‌های حیاتی در داخل بدن موجودات دارند (Khalili and Sampels, 2018; Wang *et al*., 2017). ویتامین B یکی از ویتامین‌های محلول در آب میباشد (Yaman *et al*., 2021). غذاهای دریایی از منابع عمده انواع ویتامین‌های B به حساب می‌آیند که حیات انسان بدون وجود آنها امکانپذیر نیست. ویتامین‌های محلول در آب مانند پیرودوکسین، نیاسین، کوبالامین، ریبوفلاوین و اسیدپانتوتنیک در غذاهای

دریایی به مقدار فراوان یافت می‌شوند (Yaman *et al*., 2021). نیاسین (ویتامین B_3) در فرآیند تنفس سلولی و آزادسازی انرژی از کربوهیدرات، چربی‌ها و پروتئین‌ها دخالت دارد. همچنین در سنتز گلیکوژن نقش دارد و در فرآیند سوخت و ساز چربی‌ها نقش مهمی دارد. به شکل نیکوتینامید، جزء ضروری از دو آنزیم NAD و NADP است که در آزادسازی انرژی از مواد مغذی دخالت دارند (Ahmadian *et al*., 2021; Penberthy Pirinen *et al*., 2020; and Kirkland, 2020).

عصاره مالت جو از جوشاندن مالت جو در آب و غلیظ کردن مایع حاصل در خلاء به دست می‌آید. این عصاره دارای ۶۰٪ مالتوز، ۱۰٪ ساکاروز، ۲۰٪ دکسترین، مقداری مواد مغذی، آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز و ویتامین‌های B۲ و B۱ است. این عصاره به عنوان ماده اولیه در صنایع غذایی و به صورت مستقیم به عنوان یک منبع غذایی متنوع و حاوی مواد مغذی در رژیم غذایی استفاده می‌شود و اثرات نامطلوب مصرف ساکاروز را کاهش می‌دهد (Shaveta *et al*., 2019; Kramr, 2006). ترکیبات فنلی نظیر فلاوونوییدها، اسیدهای فنلی، دیترپنها و تانن‌ها ازجمله ترکیبات موجود در عصاره مالت می‌باشد که مسئول خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره مالت می‌باشند (Bonoli *et al.*, 2004). همچنین عصاره مالت غنی از ویتامین‌های گروه B شامل B_6، B_3، B_2، B_1 و همچنین وتامین E است (Zubtsov *et al.*, 2017; Eremina *et al.*, 2021) عصاره مالت باعث پیشگیری از کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، کاهش سطح مالون دی آلدهید و کاهش محتوای کربونیل در مغز و کبد می‌شود (Qingming *et al.*, 2010).

تحقیقاتی در استفاده از سطوح مختلف نیاسین در رژیم غذایی توسط Haghparast و همکاران (۲۰۱۶) ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تاس‌ماهی سیبری (*A. baerii*) و Hasehemi و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از ۹۰۰ میلیگرم ویتامین نیاسین (B_3) بر رشد و برخی شاخصهای فیزیولوژیک در ماهیان خاویاری سیبری نشان دادند که وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و نرخ رشد روزانه اختلاف معنیداری با گروه شاهد برخوردار است. در چندین گونه ماهی دیگر از جمله : در کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Mohammadi *et al*., 2016)، ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) ۶۳/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Huang *et al*., 2013)، ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) ۱۵۰-۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Halver *et al*., 1972)، ماهی کپور جوان، *Cyprinus carpio* var. Jian ۲۴/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Xiang *et al*., 2008-2009)، ماهی کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) جوان ۲۵/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (Feng *et al*., 2016) انجام شده است.

همچنین تحقیقاتی در استفاده از سطوح مختلف مالت در قزل‌آلای رنگین کمان با ۳۰ درصد از کنجاله سویا و ۳۰ درصد از آرد پروتئین مالت (Akiyama *et al.*,1995) و اثر سه منبع کربوهیدرات‌ها: شکر، آرد گندم و مالت را در ماهی تیلاپیا (Ridha *et al*., 2020) انجام شده است. اما مطالعاتی در خصوص کاربرد ترکیبی عصاره مالت و سطوح مختلف نیاسین در غذای آبزیان یافت نشد. بنابراین در این تحقیق اثر عصاره مالت و ویتامین نیاسین بر شاخص‌های خونی، استرس و بیوشیمیایی خون در تاس‌ماهی سیبری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۳۰۰ قطعه تاس‌ماهی سیبری با میانگین متوسط وزن اولیه ۰/۱۶ ± ۵۰ گرم از مرکز بازسازی ذخایر و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان خاویاری دکتر بهشتی در رشت تهیه و به مرکز تحقیقات علوم شیلاتی و فنون دریایی دکتر کیوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان واقع در بندر چمخاله انتقال یافت. ماهی‌ها به مدت ۴۸ ساعت جهت کاهش تلفات احتمالی و استرس غذادهی نشدند. سازگاری در هر مخزن ۲۰۰۰ لیتری مجهز به سیستم هوا ده از کف به مدت یک هفته انجام شد (Ghasemi *et al*., 2003). ماهی‌ها در ۸ تیمار و سه تکرار در ۲۴ مخزن ۵۰۰ لیتری مدور فایبرگلاس، حاوی ۱۰ ماهی و مجهز به سیستم هواده با تخلیه آب مرکزی به صورت کاملاً کنترل شده انجام شد. تیمار ها شامل: تیمار اول (شاهد) با غذای رایج (F) (جدول ۱)، تیمار دوم با جیره حاوی عصاره مالت به میزان ۱ درصد (M1)، تیمار سوم با جیره حاوی عصاره مالت به میزان ۱/۵ درصد (M1.5)، تیمار چهارم با جیره حاوی ویتامین B_3 به میزان ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (B20)، تیمار پنجم با جیره حاوی ویتامین B_3 به میزان ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (B30)، تیمار ششم با جیره (حاوی عصاره مالت± ویتامین B_3) با مقادیر (۱درصد ±۲۰میلی‌گرم در کیلوگرم)(M1+B20)، تیمار هفتم با جیره (حاوی عصاره مالت± ویتامین B۳) به میزان (۱/۵ درصد ±۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) (M1+B20)، و تیمار هشتم الکل ۹۶ (Al96) درصد انجام شد.

ماهیان سه بار در روز با جیره‌های آزمایشی به میزان ۲ تا ۳ درصد وزن توده زنده هر مخزن غذا دهی شدند. جهت تعیین توده زنده، هر ۱۵ روز یکبار تمام ماهیان با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن مدل EK610I ساخت کشور ژاپن توزین و با خط کش زیست سنجی با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. پس از ۶۰ روز، به مدت ۲۴ ساعت غذادهی قطع شد، و با پودر گل میخک به میزان (۱۰۰mg/lit) بیهوش شدند (Fakhrian *et al.,* 2021; Falahatkar *et al.,* 2014). سپس وزن (با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم) و طول نهایی ماهیان (با دقت ۱ سانتی‌متر) اندازه گیری شد.

جدول ۱: آنالیز شیمیایی و مشخصات خوراک اکسترود ماهیان خاویاری شرکت فردانه (https://www.faradaneh.net)

Table 1: Chemical analysis and specifications of Faradaneh Company's extruded sturgeon feed (https://www.faradaneh.net)

Chemical composition (percentage)	Pre-nurture	
	(FFS1)	(FFS2)
Crude protein	50-48	
Crude fat	160-12	
Crude fiber	3-1.5	
Ash	10-7	
Moisture	11-6	
Phosphorus	15-1	

روش تهیه ویتامین B_3

برای انجام این تحقیق، حدود ۱۰۰ گرم ویتامین B_3 پودری با درجه خلوص ۱۰۰ درصد از شرکت Merck آلمان تهیه شد. پس از انجام محاسبات مورد نیاز، مقدار ویتامین B_3 برای هر تیمار با دقت یکصد هزارم گرم توسط ترازوی دیجیتال مدل GE320 ساخت ژاپن اندازه گیری شد (Haghparast *et al*., 2016). مقادیر ویتامین B_3 برای هر تیمار در ۱۰۰ سی سی الکل اتیلیک طبی ۹۶ درصد حل شد و با ۱۰۰ سی سی آب مقطر رقیق‌سازی شد. سپس بر روی یک کیلوگرم غذا در

فضای باز و در معرض جریان هوا و در سایه مورد اسپری قرار گرفت تا آب مخلوط شده به غذا به آرامی تبخیر گردد (Huang *et al*., Holde *et al*., 2008; Sharifzadeh *et al*., 2015, 2013). غذا پس از خشک شدن، بسته‌بندی و شماره‌گذاری شده و در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف، نگهداری شد. یک ساعت قبل از توزیع غذا در مخازن، جیره‌های ساخته شده از فریزر خارج و در دمای اتاق نگه داری گردید، پس از متعادل شدن درجه حرارت غذای کنسانتره، با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن شده و به ماهیان داده شد.

تهیه عصاره مالت جو

عصاره مالت جو مورد استفاده در این مطالعه، تولید شرکت گرگان مالت زرین (جدول ۲) بود، بر طبق دستورالعمل کارخانه، آنالیز شیمیایی این عصاره به شرح ذیل بود:

جدول ۲: آنالیز شیمیایی عصاره مالت جو

Table 2: Chemical analysis of barley malt extract

ameter (Component)	Value / Range
pH of 10% Solution	3.4 – 8.2
Water-Soluble Solids (Brix)	60
Reducing Sugars (as Maltose)	≥ 45
Acidity (as Lactic Acid)	≤ 0.6
Protein	1.5
Moisture Content	38%
Total Solids	62%
Specific Gravity (at 20°C)	1.3
Refractive Index (at 20°C)	1.4

در پایان تحقیق، با سرنگ ۲ سی سی خونگیری از ساقه دمی انجام گرفت. سپس خون به ظروف شیشه‌ای حاوی هپارین منتقل شدند (حدود ۲۵۰-۲۰۰ واحد بین المللی هپارین به ازای هر میلی‌لیتر خون) ظروف حاوی خون به‌آرامی تکان داده شدند تا خون و ماده ضد انعقاد باهم ترکیب و از انعقاد خون جلوگیری شوند، لوله‌های هپارینه به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شده و پلاسما از خون جدا شدند. نمونه‌های خونی در کوتاه‌ترین زمان (زیر ۳ ساعت) و در دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد (با استفاده از ظروف حاوی یخ خشک) جهت بررسی فراسنجه‌های سلولی خونی به آزمایشگاه ویرومید رشت انتقال داده شدند (Wilhel *et al*., 1992).

پس از خون‌گیری نسبت به تعیین مقدار فاکتورهای خونی مورد بررسی که شامل شمارش گلبول‌های قرمز خون (RBC) و شمارش گلبول های سفید خون (WBC) به روش دستی با لام نئوبار (Blaxhall and Daisley, 1973)، شمارش افتراقی گلبول‌های سفید خون از طریق رنگ آمیزی گیمسا (Lee *et al.,* 1998)، اندازه گیری مقدار هموگلوبین (Hb) به روش سیانومت هموگلوبین (Drabkin, 1944) و مقدارهماتوکریت (Hct) به روش میکرو هماتوکریت اقدام شد (Rehulka, 2000). همچنین شاخص‌های خونی MCV، MCH و MCHC محاسبه شدند (Zelikoff *et al.,* 1943). شاخص‌های استرس و بیوشیمیای شامل کورتیزول، گلوکز، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم، کلسترول و تری گلیسیرید با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (Hitachi, Japan) و کیت‌های آزمایشگاهی (پارس آزمون، تهران، ایران) در آزمایشگاه ویرومید رشت اندازه گیری شدند (Saeedi *et al*., 2013).

تجزیه و تحلیل آماری

پس از وارد کردن داده‌ها در نرم افزار (Excel)، داده‌ها به نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انتقال یافتند. ابتدا نرمال بودن داده ها با آزمون شاپیرو – ویلک تست شد. در صورت نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و برای جداسازی گروه‌های همگن از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. برای داده‌های غیر نرمال از آزمون غیر پارامتریک کروسکال والیس و من – ویتنی استفاده شد.

نتایج

نتایج این مطالعه اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های خونی در بین تیمارهای آزمایشی بچه تاس‌ماهی سیبری نشان دادند (p<۰/۰۵) (جدول ۳). تعداد گلبول‌های قرمز در تیمار B30 با میانگین ($۱۰^{۳}$ $mm^{-۳}$) ۱۰۶۰۶±۸۵۰۵۰۰ بالاترین و در تیمار (F) با ($۱۰^{۳}$ $mm^{-۳}$) ۷۰۷± ۷۷۴۵۰۰ عدد در هر متر مکعب کمترین مقدار را داشت. همچنین، تعداد گلبول‌های سفید در تیمار B30 به ($۱۰^{۳}$ $mm^{-۳}$) ۴۹۴/۹۷± ۷۰۵۰ عدد در هر متر مکعب رسید که نشان‌دهنده افزایش قابل توجهی بود. درصد هموگلوبین نیز در تیمار B30 با g/dL ۰/۰۹ ± ۵/۹۵ به بالاترین مقدار خود رسید. کمترین میزان غلظت هموگلوبین (MCHC) ۱۹/۳۰±۰ درصد و هموگلوبین متوسط (MCH) (pg) ۰/۲۸ ± ۶۹/۹۰ در تیمار B30 مشاهده شد، در حالی که بیشترین مقدار این دو شاخص به ترتیب در تیمار Al96 به میزان ۰/۲۸ ± ۱۹/۸۰ درصد و همچنین تیمار (pg) ۷۲/۱۵ ± ۰/۹۲ مشاهده شد. بیشترین حجم متوسط گلبولی(MCV) (fL) ۳۶۴ در تیمارهای F، M1.5 و Al96 و کمترین آن (fL) ۳۶۱ در تیمارهای M1، B20، B30، M1+B2 و M2+B3 دیده شد. هماتوکریت (HCT) کمترین مقدار را در تیمار F و M2+B3 ۰ ± ۲۸/۲۰ درصد و بیشترین مقدار را در تیمار B30 ۰/۴۳ ± ۳۸/۸۰ درصد درصد نشان داد (p<۰/۰۵).

در مورد مونوست‌ها، تیمار M1.5 با ۵/۵۰±۰/۰۷۱ بالاترین درصد را نشان داد. همچنین درصد لنفوسیت‌ها در تیمارهای مختلف تغییرات قابل توجهی داشت و بالاترین مقدار در تیمار ۱ با ۸۷±۱/۴۱ ثبت شد. همچنین، نوتروفیل‌ها در تیمار F به میزان ۹/۵۰±۲/۱۲ درصد کمترین و در تیمار B30 به میزان ۱/۴۱ ۱۷± درصد بیشترین بود (p<۰/۰۵).

بیشترین میزان آهن در تیمار M1.5 (۰/۸۶mg/dl ± ۴۲/۱)، بیشترین مقدار سدیم در تیمار M2+B30 (۰/۲۱ MEQ/L ± ۱۴۶) و بیشترین میزان پتاسیم در تیمار M1.5 (۰/۲۱ MEQ/L ± ۲/۷۸) مشاهده شد (p<۰/۰۵) (جدول ۴). در مورد شاخص‌های استرس بیشترین میزان گلوگز در تیمار(۰/۲۵ M1 mg/dl ± ۶۱) و تیمار M2+B30 (۰/۱۲ mg/dl ± ۶۱) و بیشترین مقدار کورتیزول در تیمار M1.5 (۰/۱۲ mg/dl ± ۲/۱) ثبت شد (P<۰/۰۵). بیشترین میزان کلسترول در تیمارهای Al96 به میزان ۰±۳۶۶۰/۲ و M2+B3 (mg/dl) ۳۶۵۰±۰/۴۳ مشاهده شد. کمترین سطح کلسترول در تیمار M1 (mg/dl) ۳۵۱±۱.۲۷ و M1.5 (mg/dl) ۳۶۵۰±۰/۲۳ ثبت شد. در مورد تری‌گلیسیرید، بالاترین سطح تری‌گلیسیرید در تیمار Al96 به میزان (mg/dl) ۳۷۱±۰/۲۳ مشاهده شد. پایین‌ترین سطح تری‌گلیسیرید نیز مربوط به تیمار M1(mg/dl) ۳۱۳±۰/۲۳ و M1.5 (mg/dl) ۳۱۵±۰/۸۹ بود (P<۰/۰۵) (جدول ۵).

جدول۳: شاخص‌های خونی بچه تاس ماهیان سیبری درتیمارهای آزمایشی با سطوح مختلف عصاره مالت و ویتامین نیاسین

Table 3: Blood factors of Siberian sturgeon treatments with different levels of malt extract and vitamin B3

Blood Factors	Treatment							
	F	(M1)	(M1.5)	(B20)	(B30)	(M1)+(B2)	(M2)+(B3)	(Al96)
RBC (× 10^3 mm^{-3})	774500±70 7 [a]	784500±21 21[b]	789000±14 14[c]	803500±16 26[b]	850500±106 06[d]	783500±212 1 [b]	780000±141 4 [e]	781000±8485 c
WBC (× 10^3 mm^{-3})	4450±212. 13 [a]	5150±353. 55 [b]	6000±282. 84 [b]	5500±141. 42 [c]	7050±494.97 [d]	4900±424.2 6 [b]	6450±1060. 66 [b]	5400±141.42 [b]
MCHC(٪)	19.55±0.0[a]	19.50±0.1[b]	19.40±0 [c]	19.55±0.0[a]	19.30±0 [d]	19.45±0.07 [b]	19.40±0 [c]	19.80±0.28 [e]
MCH (pg)	71.25±0.0[b]	70.60±0.1[b]	70.75±0.0[b]	70.75±0.7[b]	69.90±0.28 [c]	70.35±0.21 [b]	70.20±0 [b]	72.15±0.92 [d]
MCV (fL)	364±0 [a]	361±1.41 [b]	364±0 [a]	361.5±4.9[b]	362± 0 [b]	361.50±0.7[b]	361.50±0.7[b]	364±1.41 [a]
HCT (٪)	28.20±0 [a]	28.35±0.0[a]	28.75±0.0[b]	29.05±0.2[c]	30.80±0.42 [d]	28.35±0. 7 [a]	28.20±0 [a]	28.45±0.21 [a]
HB (g/dL)	5.52±0.01 [a]	5.54±0.03 [b]	5.59±0.01 [b]	5.69±0.05 [c]	5.95±0.09 [d]	5.52±0.04 [a]	5.48±0.01 [a]	5.64±0.13 [ac]
Monocytes (٪)	3.50±0.71 [a]	3±0 [b]	5.50±0.71 [c]	4.50±0.71 [d]	5.50±2.12 [c]	5.50±0.71 [c]	5±1.41 [c]	3.50±0.71 [a]
Lymphocytes (٪)	87±1.41 [a]	86±1.41 [a]	79±1.41 [b]	82±1.41[b]	77±4.24 [b]	80±1.41 [b]	79±1.41 [b]	82.50±2.12 [b]
Neutrophilis (٪)	9.50±2.12 [a]	11±1.41 [a]	15±0 [b]	13.50±0.7[b]	17±1.41 [c]	14±1.41 [b]	15.50±0.71 [b]	13.50±0.71 [b]

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (p<۰/۰۵).

Different letters indicate significant differences (p<0.05)

جدول ۴: شاخص‌های بیوشیمایی خون بچه تاس ماهیان سیبری در تیمارهای آزمایشی با سطوح مختلف عصاره مالت و ویتامین نیاسین

Table 4: Biochemical indicators in Siberian sturgeon in treatments with different levels of malt extract and vitamin B3

Biochemical indicators	Treatment							
	F	(M1)	(M1.5)	(B20)	(B30)	(M1+ (B20)	(M2)+(B3)	(Al96)
Iron (mg/dl)	37.25±1.63[c]	40.2±0.7[b]	42.1±0.8[a]	37.03±004[c]	36.9±1.2[c]	41.47±0.9[a]	42.03±07[a]	36.71±1.4[c]
Cholesterol (mg/dl)	362±1.23[b]	351±1.27[c]	360±0.23[c]	362±0.78[b]	359±0.23[c]	362±0.83[b]	365±0.43[a]	366±0.2[a]
Triglyceride (mg/dl)	360±0.11[ab]	313±0.23[c]	315±0.89[c]	359±0.41[ab]	349±0.11b	330±0.45[bc]	323±0.78[bc]	371±0.2[3a]
Sodium (MEQ/L)	145.38±0.21	144.18±0.21	145±0.21	144.9±0.21	144.3±0.21	145±0.21	146±0.21	142.9±0.21
Potassium (MEQ/L)	2.73±0.8	2.6±0.78	2.78±0.21	2.69±0.21	2.718±0.21	2.70±0.58	2.65±0.29	2.718±0.7
Blood Iron (mg/dl)	10.31±0.21	11.22±0.761	11.11±0.98	10.4±0.41	10.9±0.21	10.4±0.581	10.5±0.26	10.78±0063

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

Different letters indicate significant differences (P<0.05).

جدول ۵: شاخص‌های استرس بچه تاس‌ماهیان سیبری درتیمارهای آزمایشی با سطوح مختلف عصاره مالت و ویتامین نیاسین

Table 5: Stress factors of Siberian sturgeon in treatments with different levels of malt extract and vitamin B3

Biochemical indicators	Treatment							
	F	(M1)	(M1.5)	(B20)	(B30)	(M1+ (B20)	(M2)+(B3)	(Al96)
Glucose (mg/dl)	58±0.21^{c}	61±0.25^{b}	65±0.1 ^{a}	57±0.5^{c}	58±0.21^{c}	57.5±0.6^{c}	61±0.12^{b}	57±0.21^{c}
Cortisol (mg/dl)	1.46±0.23^{b}	1.9±0.21^{ab}	2.1±0.121^{a}	1.39±0.09^{bc}	1.42±0.78^{c}	1.89±0.061^{ab}	2.2±0.861^{a}	1.32±1.061^{c}

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P <۰/۰۵).

Different letters indicate significant differences (P<0.05).

بحث

توانایی ماهی برای جذب و هضم مواد مغذی داخل جیره غذایی از اهمیت کاربردی و قابل توجه‌ای در صنعت آبزی‌پروری برخوردار است. از آنجایی که، اجزای جیره غذایی تجاری به خوبی و به دقت متعادل شده است، از کارایی جذب بالایی مورد انتظار است (Prabu *et al*., 2017). نیاسین یکی از ویتامین‌های مورد نیاز بدن است که در ساخت و سوخت چربی‌ها نقش مهمی دارد. نیاسین در فرآیند سنتز گلیکوژن، بعنوان یک نوع ماده کربوهیدراتی ذخیره‌شده در کبد و عضلات نقش دارد (Haghparast, 2016). عصاره مالت غنی از ویتامین‌های گروه B شامل B_{12}، B_6، B_3 B_1 و ویتامین E است (Zubtsov *et al.,* 2017). همچنین مصرف عصاره مالت با سنتز مسیر اسیدهای چرب و استرول‌ها باعث بهبود ضریب هضمی خوراک که متعاقباً بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود (Enari *et al.,* 1963). در دستگاه گوارش، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌های موجود در عصاره مالت و ویتامین نیاسین تجزیه می‌شوند و سپس در دیواره روده جذب می‌شوند. ترکیب عصاره مالت و ویتامین نیاسین از طریق فرآیندهای هضم و جذب در دستگاه گوارش به بدن تأمین می‌شود. این ترکیب باعث بهبود هضم و جذب مواد مغذی و نقش مهمی در فرایند تغذیه دارد (Brien, 1934).

عصاره مالت دارای ترکیبات پربیوتیکی مانند قند و بتا گلوکان است (Henríquez *et al.,* 2023). بتاگلوکان‌ها به عنوان پری‌بیوتیک‌ها طبقه‌بندی می‌شوند که در روده بزرگ به عنوان بستری برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاصی عمل می‌کنند که اثرات مفیدی بر سلامت میزبان دارند (Gibson *et al.,* 2017) بتاگلوکان‌ها پلیمرهایی هستند که ۷۵ درصد از دیواره سلولی آندوسپرم جو را تشکیل می‌دهند (Šimić *et al.,* 2019). به طور کلی، دانه‌های جو حاوی ۲ تا ۱۱ درصد بتا گلوکان هستند (Hughes *et al.,* 2021) برخی از قندهای موجود در عصاره مالت، مانند مالتوتریوز و مالتوتتراوز، می‌توانند به عنوان بستری برای تخمیر در روده بزرگ برخی از گونه‌ها عمل کنند و ممکن است در افزایش گروه‌های باکتریایی مفید نقش داشته باشند (Jackson *et al.,* 2020). قبلاً مشاهده شده است که مالتوتریوز، مالتوتتراوز و مالتوز ممکن است فراوان‌ترین

قندهای موجود در مخمر مورد استفاده برای تولید عصاره مالت باشند (Zastrow *et al.,* 2001).

به دلیل عدم توانایی ماهی‌ها در سنتز ویتامین‌ها و یا تولید برخی از آن‌ها به مقدار کافی، برای تکامل طبیعی و رشد و نگهداری بهینه، باید ویتامین‌ها در جیره غذایی ماهی‌ها موجود باشد. برای رشد و فعالیت‌های متابولیکی طبیعی و نرمال، وجود ویتامین‌ها ضروری و الزامی است (Halver, 2003). ویتامین نیاسین تأثیر مستقیمی بر ساختار خون ندارد. اما نقش مهمی در سلامتی سیستم عصبی و سیستم گوارش دارد. ویتامین نیاسین به عنوان یک جزء از فعالیت آنزیم‌های بدن، در متابولیسم غذاها و تبدیل آنها به انرژی مشارکت دارد (Wu *et al.,* 2020). با توجه به رابطه نزدیکی بین سطح پروتئین سنتز شده در بافت کبد ماهی و سطح پروتئین پلاسمایی، ممکن است سطح پروتئین کل در پلاسما به دلیل افزایش سطح سنتز پروتئین در بافت کبد ماهی افزایش یابد. همچنین، گزارش شده است که افزایش سطح پروتئین سرم در ماهی با پاسخ ایمنی ذاتی قوی‌تر مرتبط است، زیرا پروتئین کل سرم ماهی حاوی پپتیدهای ضد باکتری و ایمونوگلوبولین‌ها است (Uribe *et al.,* 2011; Wiegertjes, 1996). نیاسبین دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است که می‌تواند با جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول‌ها را افزایش داده و پایداری غشای سلول‌ها را بهبود بخشد. این خاصیت باعث جلوگیری از نشت آنزیم‌ها درون سلول به خون می‌شود (Yousef *et al.,* 2009). ویتامین نیاسین نقش مهمی در متابولیسم لیپید، پروتئین و کربوهیدرات دارد. برخی گزارش‌ها نشان می‌دهند که اسید نیکوتین می‌تواند توسط اکثر حیوانات از اسید آمینه تریپتوفان سنتز شود، اما تبدیل تریپتوفان به نیاسین در ماهی‌ها محدود است و برای جلوگیری از کمبود و اختلال در رشد، باید آن را از طریق تغذیه دریافت کنند. بنابراین، برای جیره‌های ماهیان هیبرید با گلوکز و دکستروز به عنوان منبع کربوهیدرات نیاسین در جیره مورد نیاز است (De Silva and Anderson,1995; Mohammadi *et al.,* 2016). همچنین Feng و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که کمبود نیاسین باعث کاهش فعالیت‌های لیزوزیم (LA) در ماهی کپور جوان (*Ctenopharyngodon idella*) می‌شود و ۲۵/۵ میلی-گرم بر کیلوگرم نیاسین را سطح مناسبی گزارش کردند. به نظر می‌رسد ۳۰ میلی‌گرم نیاسین در کیلوگرم در رژیم غذایی برای حفظ سطح طبیعی هماتوکریت، تعداد لکوسیت‌ها و جلوگیری از سوء تغذیه کافی باشد (Mohammadi *et al.,* 2016). در ماهی‌ها، عملکرد سیستم ایمنی مخاط روده عمدتاً به پاسخ ایمنی آنها بستگی دارد که با ترکیبات ضد باکتریایی مانند لیزوزیم و پپتیدهای ضد میکروبی مرتبط است (Li *et al.,* 2015، Cabillon *et al.*, 2019) . نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سطوح مختلف نیاسین و عصاره مالت بر فاکتورهای ایمنی بچه تاس‌ماهیان سیبری اثر دارد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تیمار حاوی مکمل آلی (M1.5) بیشترین میزان آهن و پتاسیم سرم را در بچه‌تاس‌ماهیان سیبری به همراه داشت، در حالی که تغییرات معنی‌داری در سطح کلسیم سرم بین تیمارها مشاهده نشد. افزایش آهن و پتاسیم در این تیمار را می‌توان به دسترسی زیستی بالاتر مکمل‌های آلی نسبت به منابع معدنی نسبت داد، زیرا کلاته‌شدن آهن با اسیدهای آمینه از تداخل با سایر مواد معدنی جلوگیری کرده و جذب روده‌ای را تسهیل می‌کند (Lall and Kaushik, 2021). این یافته با نتایج Mohseni و

همکاران (۲۰۱۴) بر روی فیل‌ماهی (*Huso huso*) همخوانی دارد که نشان دادند مکمل‌های آلی باعث افزایش معنی‌دار آهن سرم و بهبود شاخص‌های هماتولوژی می‌شوند. همچنین Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۷) در تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) گزارش کردند که مکمل‌های آلی جذب آهن و پتاسیم را افزایش داده و عملکرد رشد را بهبود می‌بخشند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

افزایش آهن و پتاسیم در تیمار M1.5 نشان‌دهنده تعامل این دو عنصر در متابولیسم سلولی است. آهن به‌عنوان کوفاکتور سیتوکروم‌ها و آنزیم‌های تنفسی، نقش کلیدی در تولید انرژی دارد و پتاسیم نیز به‌عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌های دخیل در متابولیسم انرژی عمل می‌کند (Lall and Kaushik, 2021). این هم‌افزایی در مطالعات قبلی بر روی تاس‌ماهی برکه‌ای (*Fontagné et al*., 2000) و تاس‌ماهی روسی (Gharaei *et al*., 2015) نیز مشاهده شده است که نشان دادند افزایش جذب آهن با افزایش پتاسیم سرم همراه است. در مقابل، عدم تغییر معنی‌دار کلسیم سرم در تیمارهای مختلف، به مکانیسم‌های هورمونی دقیق تنظیم هموستاز کلسیم در ماهیان خاویاری نسبت داده می‌شود. برخلاف آهن و پتاسیم که جذب آنها مستقیماً تحت تأثیر محتوای جیره قرار می‌گیرد، غلظت کلسیم سرم عمدتاً توسط هورمون‌های پاراتیروئید، کلسیتونین و ویتامین D تنظیم شده و در محدوده باریکی حفظ می‌شود (Wendelaar Bonga, 1997). آبشش‌ها و کلیه‌ها نیز نقش اصلی در تنظیم یونی کلسیم ایفا می‌کنند که تأثیر جیره بر این شاخص را به حداقل می‌رساند (Takei and McCormick, 2013). این یافته با مطالعات Asgari و همکاران (۲۰۱۹) بر روی تاس‌ماهی سیبری، Falahatkar و همکاران (۲۰۱۳) بر روی تاس‌ماهی روسی، و Mohseni و همکاران (۲۰۱۱) بر روی فیل‌ماهی همخوانی دارد که همگی نشان دادند تغییرات سطح کلسیم جیره تأثیر معنی‌داری بر کلسیم سرم ندارد.با این وجود، افزایش همزمان کورتیزول در تیمار M1.5 که بیشترین میزان آهن را داشت، بیانگر القای استرس فیزیولوژیک ناشی از مصرف بیش از حد مکمل آلی است. مصرف بالای آهن می‌تواند از طریق واکنش‌های فنتون، رادیکال‌های آزاد تولید کرده و باعث استرس اکسیداتیو و افزایش کورتیزول شود (Rafiee *et al*., 2016). همچنین Bury و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که جذب بالای آهن با افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و آسیب بافتی همراه است. این موضوع اهمیت تعیین سطح بهینه مصرف مکمل‌های آلی را در ماهیان خاویاری مورد تأکید قرار می‌دهد.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای غذایی مختلف تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی بچه‌تاس‌ماهیان سیبری داشته‌اند. تیمار ترکیبی (۱/۵ درصد مالت با ۳۰ میلی‌گرم نیاسین) به دلیل بهبود شاخص‌های خونی و کاهش استرس، برای ارتقای سلامت و ایمنی ماهیان توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای شهریار تقی پور کوه‌بنه برای پیشبرد اهداف علمی این پژوهش کمال تشکر را داریم.

منابع

1. Acerete, L., Balasch, J.C., Espinosa, E.,

Josa, A. and Tort, L., 2004. Physiological responses in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L.) subjected to stress by transport and handling. *Aquaculture*, *237*(1-4), pp.167-178. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2004.03.018

2. Ahmadian, A., Bouyeh, M. and Seidavi, A.R., 2021. A review of the effects of niacin on broiler productivity. *World's Poultry Science Journal*, *77*(3), pp.589-604. DOI: 10.1080/00439339.2021.1959275
3. Aidos, L., Cafiso, A., Lopez, A., Vasconi, M., Valente, M., Bazzocchi, C. and Di Giancamillo, A., 2022. Rearing environment during the endogenous feeding stage of *Acipenser baerii*. *Animals*, *12*(17), 2205. DOI: 10.3390/ani12172205
4. Arghideh, M., Hoseinifar, S.H., Ghorbani Nasrabadi, R., Mazandarani, M., El-Haroun, E. and Van Doan, H., 2022. Evaluation of soil-derived *Streptomyces chartreusis* KU324443 effects as probiotic on growth performance, antioxidant enzyme activity, mucosal and serum immune parameters, and related gene expression in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 2022, pp.1-9. DOI: 10.1155/2022/2278130
5. Asgari, M., Ouraji, H. and Abedian Kenari, A., 2019. Effects of dietary calcium levels on growth performance, hematological parameters and stress responses in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 18(4), pp.712-725. DOI: 10.22092/ijfs.2019.118989
6. Balami, S., Sharma, A. and Karn, R., 2019. Significance of nutritional value of fish for human health. *Malaysian Journal of Halal Research*, *2*(2), pp.32-34. DOI: 10.2478/mjhr-2019-0012
7. Bharathi, S., Antony, C., Cbt, R., Arumugam, U., Ahilan, B. and Aanand, S., 2019. Functional feed additives used in fish feeds. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, *7*(3), pp.44-52.
8. Brien, J.R., 1934. Vitamin B_3. *Biochemical Journal*, *28*(3), pp.926-932. DOI: 10.1042/bj0280926
9. Bury, N.R., Walker, P.A. and Glover, C.N., 2003. Nutritive metal uptake in teleost fish. *Journal of Experimental Biology*, 206(1), pp.11-23. DOI: 10.1242/jeb.00068
10. Cabillon, N.A.R. and Lazado, C.C., 2019. Mucosal barrier functions of fish under changing environmental conditions. *Fishes*, *4*(1), p.2. DOI: 10.3390/fishes4010002
11. Chrysohoou, C., Panagiotakos, D.B., Pitsavos, C., Skoumas, J., Krinos, X., Chloptsios, Y., Nikolaou, V. and Stefanadis, C., 2007. Long-term fish consumption is associated with protection against arrhythmia in healthy persons in a Mediterranean region—the ATTICA study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *85*(5), pp.1385-1391. DOI: 10.1093/ajcn/85.5.1385
12. De Silva, S.S. and Anderson, T.A., 1994. *Fish nutrition in aquaculture*. London: Springer Science & Business Media. ISBN: 9788184891782.
13. Ebrahimi, M., Ouraji, H. and Karimi, H., 2017. Effects of dietary organic minerals on growth performance, hematological parameters and serum mineral concentrations in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(3), pp.982-994. DOI: 10.22092/ijfs.2017.113456
14. Enari, T., Puputti, E. and Mikola, J., 1963. Fractionation of the proteolytic enzymes of barley and malt. In: *Proceedings of the European Brewery Convention*, Brussels, pp.36-44.
15. Eremina, O.Y., Seregina, N.V., Ivanova, T.N., Shuldeshova, N.V. and Zaugolnikova, E.V., 2021. Micronutrient value and antioxidant activity of malt wheat sprouts. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *677*(2),

p.022107. DOI: 10.1088/1755-1315/677/2/022107
16. Evans, D.H. and Claiborne, J.B., 2005. The physiology of fishes. Boca Raton: CRC Press. 447 P.
17. Falahatkar, B., Efatpanah, I. and Poursaeid, S., 2013. Effects of dietary mineral supplementation on hematological parameters and serum minerals in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*). *Aquaculture Research*, 44(8), pp.1189-1197. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2012.03145.x
18. Fakhrian, M., Jafariyan, M., Pirali Zefrehei, A. and Sahraei, H., 2021. The effect of dietary medicinal plants on blood parameters of sterlet (*Acipenser ruthenus*). *International Journal of Environmental Research and Education*, *2*(1), pp.55-59. DOI: 10.18331/injoar2021.2.1.6
19. Falahatkar, B., Akhavan, S.R., Poursaeid, S. and Hasirbaf, E., 2014. Use of sex steroid profiles and hematological indices to identify perinucleolus and migratory gonadal stages of captive Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) females. *Journal of Applied Ichthyology*, *30*(6), pp.1578-1584. DOI: 10.1111/jai.12616
20. Feng, J., Wang, L., Chen, Y., Xiong, Y., Wu, Q., Jiang, Z. and Yi, H., 2021. Effects of niacin on intestinal immunity, microbial community and intestinal barrier in weaned piglets during starvation. *International Immunopharmacology*, *95*, p.107584. DOI: 10.1016/j.intimp.2021.107584
21. Feng, L., Li, S.-Q., Jiang, W.-D., Liu, Y., Jiang, J., Wu, P., Zhao, J., Kuang, S.-Y., Tang, L., Tang, W.-N., Zhang, Y.-A. and Zhou, X.-Q., 2016. Deficiency of dietary niacin impaired intestinal mucosal immune function via regulating intestinal NF-κB, Nrf2 and MLCK signaling pathways in young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Fish and Shellfish Immunology*, *49*, pp.177-193. DOI: 10.1016/j.fsi.2015.12.015
22. Fontagné, S., Corraze, G. and Bergot, P., 2000. Effects of dietary carbohydrate sources on growth, body composition and glucose metabolism in sturgeon (*Acipenser naccarii*). *Aquaculture*, 182(3-4), pp.297-311. DOI: 10.1016/S0044-8486(99)00267-7
23. Galina, J., Yin, G., Ardó, L. and Jeney, Z., 2009. The use of immunostimulating herbs in fish. An overview of research. *Fish Physiology and Biochemistry*, *35*(4), pp.669-676. DOI: 10.1007/s10695-009-9304-z
24. Gharaei, A., Ghaffari, M. and Keyvanshokooh, S., 2015. Effects of dietary organic minerals on serum mineral concentrations and hematological parameters in *Acipenser gueldenstaedtii. Journal of Applied Ichthyology*, 31(5), pp.892-897. DOI: 10.1111/jai.12879
25. Ghorbani Vaghe, R., Yousefi Jourdehi, A., Pajand, Z., Monsef Shokri, M. and Mohseni, M., 2023. Effects of different feeding regimes on growth performance, survival rate, carcass composition, fatty acids profile, and digestive enzyme activities of great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) larvae. *Journal of Aquaculture Research*, 9936622. DOI: 10.1155/2023/9936622
26. Gibson, G.R., Hutkins, R., Sanders, M.E., Prescott, S.L., Reimer, R.A., Salminen, S.J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K.S., Cani, P.D., Verbeke, K. and Reid, G., 2017. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, *14*(8), pp.491-502. DOI: 10.1038/nrgastro.2017.75
27. Golden, C.D., Koehn, J.Z., Shepon, A., Passarelli, S., Free, C.M., Viana, D.F., Matthey, H., Eurich, J.G., Gephart, J.A., Fluet-Chouinard, E., Nyboer, E.A., Lynch, A.J., Kjellevold, M.,

Bromage, S., Charlebois, P., Barange, M., Vannuccini, S., Cao, L., Kleisner, K.M., Rimm, E.B., Danaei, G., DeSisto, C., Kelahan, H., Fiorella, K.J., Little, D.C., Allison, E.H., Fanzo, J. and Thilsted, S.H., 2021. Aquatic foods to nourish nations. *Nature*, *598*(7880), pp.315-320. DOI: 10.1038/s41586-021-03917-1

28. Lall, S. P. and Kaushik, S.J., 2021. Nutrition and metabolism of minerals in fish. *Animals*, 11(9), p.2711. DOI:10.3390/ani11092711
29. Haghparast, R., Khara, H. and Farokhroz, M., 2016. Effect of vitamin niacin (B3) on growth, blood biochemical and body composition Sterliad (*Acipenser ruthenus*). *Journal of Animal Environment*, *8*(3), pp.115-122. DOI: 10.22124/cjes.2025.9160.
30. Halver, J., 1972. The vitamins. In: Halver, J.E. (ed.), *Fish Nutrition*. New York: Academic Press, pp.29-103.
31. Hamadian, A., Bouyeh, M. and Seidavi, A., 2021. A review of the effects of niacin on broiler productivity. *World's Poultry Science Journal*, 77(3), pp.589-604. DOI:10.1016/B978-0-12-319650-7.50007-9
32. Hasehemi, R.A., Bahmani, M. and Yousefi, A., 2016. Effects of super supplements on growth and some physiological indices in farmed juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, *4*(6), pp.400-406. DOI: 589-604. 10.1080/00439339.2021.1959275
33. Henríquez, L.B.F., Rentas, M.F., Zafalon, R.V.A., Perini, M.P., Marchi, P.H., Rodrigues, R.B.A., Vendramini, T.H.A., Gomes, C.O.M.S., Balieiro, J.C.d.C. and Brunetto, M.A., 2023. Effects of malt extract on nutritional and functional aspects in healthy adult dogs. *Fermentation*, *9*(10), 870. DOI: 10.3390/fermentation9100870
34. Holden, J.M., Lemar, L.E. and Exler, J., 2008. Vitamin D in foods: development of the US Department of Agriculture database. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *87*(4), pp.1092S-1096S. DOI: 10.1093/ajcn/87.4.1092S
35. Huang, F., Wen, H., Wu, F., Jiang, M., Liu, W., Tian, J. and Shao, H., 2013. The dietary niacin requirement of large GIFT tilapia. *Journal of South China Agricultural University*, *34*(2), pp.235-240. DOI: 10.7671/j.issn.1001-411X.2013.02.021
36. Hughes, J. and Grafenauer, S., 2021. Oat and barley in the food supply and use of beta glucan health claims. *Nutrients*, 13(8), p.2556. DOI: 10.3390/nu13082556
37. Hung, S.S., 2017. Sturgeon, *ACIPENSER* spp. In: Wilson, R.P. (ed.), *Handbook of Nutrient Requirements of Finfish*. Boca Raton: CRC Press.
38. Jackson, M.I., Waldy, C., Cochrane, C.Y. and Jewell, D.E., 2020. Consumption of identically formulated foods extruded under low and high shear force reveals that microbiome redox ratios accompany canine immunoglobulin a production. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *104*(5), pp.1551-1567. DOI: 10.1111/jpn.13419
39. Khalili Tilami, S. and Sampels, S., 2018. Nutritional value of fish: Lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, *26*(2), pp.243-253. DOI: 10.1080/23308249.2017.1399104
40. Li, L., Feng, L., Jiang, W.-D., Jiang, J., Wu, P., Kuang, S.-Y., Tang, L., Tang, W.-N., Zhang, Y.-A., Zhou, X.-Q. and Liu, Y., 2015. Dietary pantothenic acid deficiency and excess depress the growth, intestinal mucosal immune and physical functions by regulating NF-κB, TOR, Nrf2 and MLCK signaling pathways in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Fish & Shellfish Immunology*, *45*(2), pp.399-413. DOI: 10.1016/j.fsi.2015.04.030
41. Lin, S., Mai, K. and Tan, B., 2007. Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in tilapia, *Oreochromis*

niloticus x *O. aureus*. *Aquaculture Research*, *38*(15), pp.1645-1653. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01825.x

42. Liu, X. and Wan, W., 2022. Dietary niacin requirement of juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. *Aquaculture Nutrition*, 8348000. DOI: 10.1155/2022/8348000
43. Mekuria, B., Gebretekle, G.B., Bekele, T., Negussie, M., Kifle, M. and Fenta, T.G., 2018. Bacterial resistance to fluoroquinolones and contributing factors in Addis Ababa, Ethiopia: a mixed methods study. *Ethiopian Pharmaceutical Journal*, *34*(1), pp.61-72. DOI: 10.4314/epj.v34i1.6
44. Merrifield, D.L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S.J., Baker, R.T.M., Bøgwald, J., Castex, M. and Ringø, E., 2010. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, *302*(1-2), pp.1-18. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.02.007
45. Mohammadi, K., Salati, A. and Rajabzadeh, E., 2016. Effect of different levels of dietary niacin on the gut and liver histology and some liver enzymes activity of juveniles common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Fisheries*, *69*(2), pp.253-263. DOI: 10.22059/jfisheries.2016.59855
46. Mohseni, M., Pourkazemi, M., and Hassani, M.H.S., 2011. Effects of dietary niacin supplementation on growth performance, hematological parameters and body composition in juvenile beluga (*Huso huso*). *Aquaculture Nutrition*, 17(6), pp.627-634. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2011.00862.
47. Mohseni, M., Pourkazemi, M., and Hassani, M.H.S., 2014. Effects of dietary iron supplementation on growth performance, hematological parameters and body composition in juvenile beluga (*Huso huso*). *Aquaculture Nutrition*, 20(3), pp.268-276. DOI: 10.1111/anu.12074
48. Öner, M., Atli, G. and Canli, M., 2009. Effects of metal (Ag, Cd, Cr, Cu, and Zn) exposures on some enzymatic and non-enzymatic indicators in the liver of *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *82*(3), pp.317-321. DOI: 10.1007/s00128-008-9577-4
49. Penberthy, W.T. and Kirkland, J.B., 2020. Niacin. In: Marriott, B.P., Birt, D.F., Stallings, V.A. and Yates, A.A. (eds.), *Present Knowledge in Nutrition*, 11th ed. London: Elsevier, pp.209-224.
50. Pirinen, E., Auranen, M., Khan, N.A., Brilhante, V., Urho, N., Pessia, A., Hakkarainen, A., Kuula, J., Heinonen, U., Schmidt, M.S., Haimilahti, K., Piirilä, P., Lundbom, N., Taskinen, M.R., Brenner, C., Velagapudi, V., Pietiläinen, K.H. and Suomalainen, A., 2020. Niacin cures systemic NAD (+) deficiency and improves muscle performance in adult-onset mitochondrial myopathy. *Cell Metabolism*, *31*(6), pp.1078-1090.e5. DOI: 10.1016/j.cmet.2020.04.008
51. Prabu, E., Felix, S., Felix, N., Ahilan, B. and Ruby, P., 2017. An overview on significance of fish nutrition in aquaculture industry. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, *5*(6), pp.349-355.
52. Raposo, A., Alturki, H.A., Alkutbe, R. and Raheem, D., 2023. Eating sturgeon: An endangered delicacy. *Sustainability*, *15*(4), p.3511. DOI: 10.3390/su15043511
53. Rafiee, G., Mohseni, M. and Hosseini, S.A., 2016. The effects of dietary iron overload on oxidative stress and hematological parameters in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 10(2), pp.101-108. DOI: 10.22059/ijvm.2016.58623
54. Ridha, M.T., Hossain, M.A., Azad, I.S. and Saburova, M., 2020. Effects of three carbohydrate sources on water quality, water consumption, bacterial count, growth and muscle quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a biofloc system. *Aquaculture Research*,

51(10), pp.4225-4237. DOI: 10.1111/are.14764

55. Sharifzadeh, S.A., Khara, H. and Ghobadi, S., 2015. Effects of vitamins E and riboflavin (B2) and combinations of them on the hematological parameters of common carp, *Cyprinus carpio* L., fingerlings. *Fisheries & Aquatic Life*, *23*(2), pp.107-111. DOI: 10.1515/aopf-2015-0012
56. Shaveta, H.K., Kaur, S. and Kaur, S., 2019. Hulless barley: A new era of research for food purposes. *Journal of Cereal Research*, *11*(2), pp.114-124. DOI: 10.25174/2249-4065/2019/83719
57. Šimić, G., Horvat, D., Lalić, A., Koceva Komlenić, D., Abičić, I. and Zdunić, Z., 2019. Distribution of β-glucan, phenolic acids, and proteins as functional phytonutrients of hull-less barley grain. *Foods*, *8*(12), 680. DOI: 10.3390/foods8120680
58. Subramaniam, B., Antony, C., Cbt, R., Arumugam, U., Ahilan, B. and Aanand, S., 2019. Functional feed additives used in fish feeds. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, *7*(3), pp.44-52.
59. Takei, Y. and McCormick, S.D., 2013. Hormonal control of fish ion regulation. In *Fish Physiology*, 32, pp. 1-54. Academic Press. DOI:10.1016/B978-0-12-396951-4.00001-3
60. Talazade, F., Mayahi, M. and Soleimankhani, F., 2019. Survey on the effect of malt extract on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Journal of Animal Environment*, *11*(3), pp.77-84.
61. Thomsen, S.T., Assunção, R., Afonso, C., Boué, G., Cardoso, C., Cubadda, F., Garre, A., Kruisselbrink, J.W., Mantovani, A., Pitter, J.G., Poulsen, M., Verhagen, H., Ververis, E., van der Voet, H., Watzl, B. and Pires, S.M., 2022. Human health risk–benefit assessment of fish and other seafood: a scoping review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *62*(27), pp.7479-7502. DOI: 10.1080/10408398.2021.1915240
62. Uribe, C., Folch, H., Enríquez, R. and Moran, G., 2011. Innate and adaptive immunity in teleost fish: a review. *Veterinární Medicína*, *56*(10), pp.486-503. DOI: 10.17221/3294-VETMED
63. Wendelaar Bonga, S.E., 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77(3), pp.591-625. DOI: physrev.1997.77.3.591
64. Wang, L., Xu, H., Wang, Y., Wang, C.a., Li, J., Zhao, Z., Luo, L., Du, X. and Xu, Q., 2017. Effects of the supplementation of vitamin D3 on the growth and vitamin D metabolites in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Fish Physiology and Biochemistry*, *43*(3), pp.901-909. DOI: 10.1007/s10695-017-0344-5
65. Wen, H., Feng, L., Jiang, W., Liu, Y., Jiang, J., Li, S., Tang, L., Zhang, Y., Kuang, S. and Zhou, X., 2014. Dietary tryptophan modulates intestinal immune response, barrier function, and antioxidant status and gene expression of TOR and Nrf2 in young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Fish and Shellfish Immunology*, *40*(1), pp.275-287. DOI: 10.1016/j.fsi.2014.07.004
66. Wiegertjes, G.F., Stet, R.M., Parmentier, H.K. and van Muiswinkel, W.B., 1996. Immunogenetics of disease resistance in fish: A comparative approach. *Developmental and Comparative Immunology*, *20*(6), pp.365-381. DOI: 10.1016/S0145-305X(96)00032-8
67. Williot, P., Nonnotte, G. and Chebanov, M., 2018. The Siberian Sturgeon (Acipenser baerii, Brandt, 1869) Volume 2 - Farming. Cham: Springer. 589 P.
68. Wu, F., Jiang, M., Zhao, Z., Liu, A., Liu, W. and Wen, H., 2008. The dietary niacin requirement of juvenile *Ctenopharyngodon idella*. *Journal of Fisheries of China*, *32*(1), pp.65-70. DOI:10.1111/jwas.12132
69. Wu, Y., Li, S., Wang, W. and Zhang, D., 2020. Associations of dietary

vitamin B1, vitamin B2, niacin, vitamin B6, vitamin B12 and folate equivalent intakes with metabolic syndrome. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *71*(6), pp.738-749. DOI: 10.1080/09637486.2020.1719390

70. Xun, P., Lin, H., Wang, R., Huang, Z., Zhou, C., Yu, W., Huang, Q., Yang, Y., Huang, X. and Tan, L., 2019. Effects of dietary niacin on growth performance, serum biochemistry, antioxidant ability of liver, intestinal digestion, and absorption in juvenile golden pompano. *Journal of Fisheries of China*, *27*(4), pp.158-167. DOI:10.46989/001c.20976
71. Yaman, M., Çatak, J., Uğur, H., Gürbüz, M., Belli, İ., Tanyıldız, S.N., Yıldırım, H., Cengiz, S., Yavuz, B.B., Kişmiroğlu, C., Özgür, B. and Yaldız, M.C., 2021. The bioaccessibility of water-soluble vitamins: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *109*, pp.552-563. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.01.056
72. Yasar, S. and Forbes, J., 2000. Enzyme supplementation of dry and wet wheat-based feeds for broiler chickens: performance and gut responses. *British Journal of Nutrition*, *84*(3), pp.297-307. DOI: 10.1017/S0007114500001574
73. Zastrow, C.R., Hollatz, C., de Araujo, P.S. and Stambuk, B.U., 2001. Maltotriose fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, *27*(1), pp.34-38. DOI: 10.1038/sj.jim.7000158
74. Zhao, H., Zhang, L., Deng, Y., Yiang, Y., Zhang, M., Luo, C. and Chen, Y., 2014. Dietary niacin requirement of juvenile Kunming. *Fisheries Science (Dalian)*, *33*(3), pp.167-170.
75. Zhou, X.-Q., Zhao, C.-R., Jiang, J., Feng, L. and Liu, Y., 2008. Dietary lysine requirement of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture Nutrition*, *14*(5), pp.381-386. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2007.00535.x
76. Zubtsov, Y.N., Eremina, O.Y. and Seregina, N., 2017. The micronutrient value of byproducts of malting barley. *Voprosy Pitaniia*, *86*(3), pp.115-120. DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00053