

Growth performance and body composition of Pikeperch (*Sander lucioperca*; Linnaeus, 1785) fingerlings under food attractive Betaine in the diet

Mohammad Akbari^{1*}, Iman Sourinejad², Ahmad Gharaei³, Seyed Ali Johari⁴, Iraj Efatpanah⁵

1. Ph.D. Student, Department of Fisheries, Faculty of Marine and Atmospheric Sciences and Technologies University of Hormozgan, Iran

2. Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Marine and Atmospheric Sciences and Technologies University of Hormozgan, Iran

3. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resource, University of Zabol, Iran

4. Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resource, University of Kurdistan, Iran

5. Head of Yosefpour's Fish Breeding and Culture Center, Guilan Province, Iran

(Received: Apr. 21, 2015- Accepted: May 6, 2017)

شاخص‌های رشد و ترکیب شیمیایی بدن بچه ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*; Linnaeus, 1785) تحت تأثیر جاذب غذایی بتائین در جیره

محمد اکبری^{۱*}، ایمان سوری نژاد^۲، احمد قرایی^۳، سید علی جوهری^۴، ابرج عفت پناه^۵

۱. دانشجوی دکتری شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی و جوی هرمزگان، دانشگاه هرمزگان، ایران

۲. استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی و جوی هرمزگان، دانشگاه هرمزگان، ایران

۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ایران

۴. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، ایران

۵. رئیس مرکز تکثیر و پرورش ماهی شادروان یوسف پور (سیاهکل) گیلان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۲/۱۶)

Abstract

Evaluation of food attractive is not summarized on growth but included the other aspects, such as body composition parameters. This study was conducted to examine the effects of Betaine in the diet on Growth performance, food efficiency and body composition of pikeperch (*Sander lucioperca*; Linnaeus, 1785) in Yosefpour's Fish farm (Siyahkal). 600 Pikeperch fingerlings were stocked in three groups of 200 in each tank and were fed with diets counting: commercial trout diet (Biomar) (Control), 1% Betaine added to biomar and 2% Betaine added to biomar, for 6 weeks and fed up to 7 meals per day. During the trial growth performance, feed efficiency and body composition were measured. The result of this study showed that final weight, specific growth rate, feed conversion ratio and feed efficiency of pikeperch in treatment 2% Betaine added to biomar were significant differences ($P < 0.05$) in comparison with other treatments. Also significant differences ($P < 0.05$) was observed on crude protein and crude lipid content among the treatments that Highest crude protein (63.88 ± 0.78 % of dry matter) and lowest crude lipid (21.47 ± 0.14 % of dry matter) contents of pikeperch whole body were obtained in treatment 2% Betaine added to biomar ($P < 0.05$). The amount of fat in treatment 1% Betaine added to biomar decreased and showed significant differences with Control ($P < 0.05$). The study of final weight, specific growth rate and content of protein and lipid in carcass in present study showed that the use of 2% Betaine in the diet improved growth performance and also the body composition of pikeperch fingerlings.

Keywords: Betaine, body composition, growth, *Sander lucioperca*.

چکیده

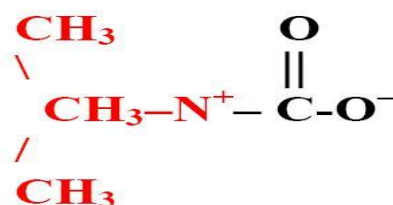
ارزیابی تأثیر جاذب‌های غذایی تنها در روند رشد خلاصه نشده و جنبه‌های مختلف آن از جمله پارامترهای ترکیب شیمیایی بدن را نیز شامل می‌شود. این مطالعه به منظور بررسی اثرات جاذب غذایی بتائین در جیره غذایی بر روی شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه و ترکیب شیمیایی لاشه در بچه ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*; Linnaeus, 1785) در کارگاه تکثیر و پرورش ماهی شادروان یوسف پور (سیاهکل) انجام شد. ۶۰۰ قطعه بچه ماهی سوف به ۳ گروه ۲۰۰ تایی تقسیم شدند و با جیره‌های غذایی شامل: غذای تجاری ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (بیومار) (کنترل)، بیومار+۱٪ بتائین و بیومار+۲٪ بتائین به مدت ۶ هفته و روزانه ۷ وعده تغذیه شدند. فاکتورهای رشد و کارایی تغذیه و ترکیب شیمیایی بدن در طول دوره آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این بررسی نشان داد که وزن نهایی، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و ضریب کارایی تغذیه ماهی سوف در تیمار بیومار+۲٪ بتائین نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). همچنین تفاوت معنی‌داری نیز در پروتئین و چربی خام لاشه در میان تیمارها مشاهده گردید ($P < 0.05$) به طوری که در انتهای دوره بیشترین میزان پروتئین بدن (63.88 ± 0.78 درصد ماده خشک) و کمترین میزان چربی بدن (21.47 ± 0.14 درصد ماده خشک) در تیمار بیومار+۲٪ بتائین به دست آمد ($P < 0.05$). میزان چربی در تیمار بیومار+۱٪ بتائین نیز کاهش یافت و با تیمار بیومار تغییر معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). مطالعه و بررسی وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و مقدار پروتئین و چربی لاشه در تیمارهای آزمایشی در این مطالعه نشان داد که استفاده از بتائین در سطح ۲٪ در جیره غذایی ماهی سوف انگشت قد، موجب بهبود عملکرد رشد و ترکیب شیمیایی بدن در بچه ماهی سوف شده است.

واژه‌های کلیدی: ماهی سوف معمولی، بتائین، رشد، ترکیب شیمیایی بدن.

مقدمه

ماهی سوف معمولی از مهمترین ماهیان استخوانی دریای خزر محسوب شده و بومی ایران می‌باشد (Sattari *et al.*, 2002). امروزه پتانسیل این گونه برای پرورش تک‌گونه‌ای در اروپا افزایش یافته و این به دلیل داشتن گوشت با کیفیت، ظاهر زیبا و سرعت رشد بالا می‌باشد (Kestemont & Melard, 2000). تغییر عادت غذایی در ماهیان یکی از مهمترین مراحل تکاملی محسوب می‌شود و لذا جیره غذایی مناسب از نظر کیفیت، میزان مصرف توسط ماهی و مدت زمان ماندگاری در آب بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Kestemont *et al.*, 2007).

استفاده از غذاهای مصنوعی در پرورش ماهی سوف به حدود یک دهه قبل بر می‌گردد و بر این اساس مطالعات در این زمینه در سطح جهان بسیار اندک است و هم‌اکنون نیز از جیره آزاد ماهیان برای تغذیه ماهیان سوف استفاده می‌گردد و مصرف این غذاها نیز معمولاً با رشد و بازماندگی بسیار متغیری همراه است (Kestemont & Melard, 2000). استفاده از جاذب‌های غذایی در جیره می‌تواند تا حد زیادی مفید واقع شود، بتائین^۱ با ساختار شیمیایی ویژه به‌عنوان یک ماده جاذب در جیره غذایی بسیاری از آبزیان استفاده می‌شود (شکل ۱) (Eklund *et al.*, 2005).



شکل ۱. ساختار شیمیایی بتائین (Harpaz, 2005)

بتائین یک اسمولیت آلی است که با تأثیر بر روی

جذب، دفع و تعویض یون‌های داخل سلولی، فشار اسمزی را کنترل می‌کند (Felix & Sudharsan, 2004) بنابراین با حفظ آب درون سلول سبب کاهش فعالیت پمپ سدیم-پتاسیم ($\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase}$) و صرف کمتر انرژی جهت تعادل اسمزی می‌گردد (Moeckel *et al.*, 2002; Eklund *et al.*, 2005). از طرفی این ماده به مقدار زیاد در بی‌مهرگان دریایی، میکروارگانیسم‌ها و برخی گیاهان مانند چغندرقد یافت می‌شود (Kasumyan & Doving, 2003). بتائین به‌عنوان متیل‌دهنده، به نوبه خود برای سنتز متیونین، کارنیتین^۲، فسفاتیدیل کولین^۳ و کراتین^۴، که نقش کلیدی را در متابولیسم پروتئین و انرژی دارند عمل می‌کند (Polat & Beklevik, 1998) و در نهایت، به‌عنوان یک تسهیل‌کننده سوخت و ساز چربی در بدن نظر گرفته می‌شود (Wu & Davis, 2005). این ماده همچنین تأثیر زیادی در جذب بهتر ویتامین‌ها داشته و در تحریک اشتها و بالا بردن مقاومت آبزیان نقش به‌سزایی دارد (Afsharmazandarani, 2001). استفاده از جاذب‌های شیمیایی در محیط آبی به منظورهای مختلفی از جمله رفع مشکلات مربوط به عدم پذیرش غذاهای مصنوعی (Fast & Lester, 1992). افزایش مصرف یک غذای نامرغوب و یا اصلاح رفتار تغذیه‌ای و پذیرش بهتر غذا می‌باشد (Hughes, 1990). گزارش شده ماهیانی که از یک جیره غذایی با مطلوبیت غذایی پایین تغذیه شده اند زودتر از ماهیان تغذیه شده با یک جیره غذایی با مطلوبیت بالا سیر می‌شوند و ماهی که با یک جیره غذایی با مطلوبیت کم تا حد سیری تغذیه شده، با یک جیره مطلوب دوباره شروع به تغذیه نموده تا اینکه به یک حد سیری جدید برسد (Oikawa & March, 1997). تحقیقات

2. Carnitine
3. Phosphatidyl choline
4. Creatine

1. Betaine

کاهش استرس و سازگاری به محیط تغذیه نشدند. از شروع تغذیه دستی ماهیان با سه تیمار غذایی شامل: ۱- غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (سایز پلت ۲/۵-۱/۱ mm) (بیومار ساخت کشور فرانسه)، ۲- غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به همراه جاذب بتائین (Betaine) (ساخت شرکت آریا دالمن آلمان) در سطح ۱٪ و ۳- غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به همراه جاذب بتائین در سطح ۲٪ تغذیه گردیدند.

غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (بیومار) در دو اندازه تهیه شد. پلت‌هایی با قطر ۱/۱ میلی متر برای نیمه اول آزمایش و ۲/۵ میلی متری برای نیمه دوم آزمایش و تا انتهای آزمایش توزیع گردید. تغییر در اندازه غذا طی دوره انتقال ۳ روزه انجام گردید. غذاهای مصنوعی به صورت دستی هر ۲ ساعت یک بار (۸ صبح تا ۸ شب) به ترتیب توزیع گردید. میزان غذادهی جیره‌های مصنوعی ۳ الی ۵ درصد وزن بدن انجام شد و مدت زمان آزمایش ۶ هفته به طول انجامید. برای تهیه سطوح مختلف جاذب بتائین (میزان مورد نیاز بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم جیره، جاذب بتائین (با خلوص ۹۶٪ بتائین) در ۵۰ میلی لیتر آب جوشیده ولرم، به مدت ۱۰ دقیقه حل گردیده و روی پلت‌ها اسپری شد (Yilmaz, 2005).

وزن و طول کل اولیه بچه ماهی‌ها با نمونه‌گیری ۱۰۰ عدد بچه ماهی اندازه‌گیری شد. شاخص‌های رشد توسط نمونه‌گیری ۲۰ قطعه بچه ماهی در هر استخر در فواصل هفتگی (روزهای ۱، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵ و ۴۲) و بررسی ترکیب شیمیایی بچه ماهیان سوف در روزهای (۱، ۱۴، ۲۸، ۴۲) آزمایش اندازه‌گیری گردید. در روز پایانی (روز ۴۲) تمام بچه ماهی‌های موجود در ونیروها بیومتری گردیدند. بچه ماهیان در روزهای ۱ و ۱۴ آزمایش به صورت دسته جمعی و در روزهای ۲۱، ۲۸، ۳۵، ۴۲ به صورت انفرادی وزن گردیدند. طول بچه ماهی‌ها در تمام دوره آزمایش به صورت انفرادی اندازه‌گیری شد. دقت

نشان داده است که اگر غذا از سطح مطلوبیت خوبی برخوردار باشد، به طور مؤثرتری هضم می‌شود (Takeda & Takii, 1992). بنابراین افزودن مواد جاذب در جیره غذایی می‌تواند سبب تحریک گیرنده‌های چشایی و بویایی شده و در مصرف غذا تأثیر داشته باشد (Kasumyan & Sidorov, 2005). به عنوان مثال جاذب بتائین درجیره قزل‌آلای رنگین کمان و بچه ماهی کپور وحشی سبب افزایش مصرف غذا و افزایش رشد در این ماهیان گردیده است (Niroomand et al., 2011; Safihosseini & Akrami, 2013) همچنین این جاذب اثر مثبت بر رشد میگوی سفید هندی داشته است (Asadi et al., 2010). این تحقیق بر آن است که تأثیر سطوح مختلف جاذب بتائین را در جیره ی غذایی بر روی شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه و ترکیب شیمیایی لاشه را در بچه ماهی سوف معمولی (Sander) ارزیابی نماید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تکثیر و پرورش ماهی شادروان دکتر یوسف پور (سیاهکل) اجرا شد. تعداد ۹ ونیرو به ابعاد ۱-۰/۸-۰/۸ متر و گنجایش ۱۰۰۰ لیتری در نظر گرفته شد. ونیروها به عمق ۴۵-۳۵ سانتی متر و حجم ۴۰۰ لیتر آب گیری شدند. بچه ماهیان با وزن اولیه یکسان و مربوط به یک جفت مولد از استخر صید شدند و با تراکم ۱ عدد به ازای هر ۲ لیتر آب در ونیروها ذخیره‌سازی شدند و برای اجرای تحقیق از طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با ۳ تیمار \times ۳ تکرار استفاده گردید. جهت هوادهی و تامین نیاز اکسیژنی ماهی به هر یک از مخازن یک هواده متصل گردید. جریان آب در ونیروها یک طرفه از سمت ورودی به سمت خروجی در وسط بوده و شدت جریان ورودی ۵-۶ لیتر در دقیقه تنظیم شد. بعد از انتقال بچه ماهیان با متوسط وزن اولیه $(1/50 \pm 0/16)$ گرم از استخرهای خاکی به ونیروها ابتدا به مدت دو روز برای

تجزیه و تحلیل آماری

نخست نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف سمیرنوف بررسی شدند و پس از مشخص شدن نرمال بودن داده‌ها، برای تشخیص وجود اختلاف بین تیمارهای (غذای مصنوعی قزل‌آلای رنگین کمان، غذای مصنوعی قزل‌آلا + بتائین ۱٪ و غذای مصنوعی قزل‌آلا + بتائین ۲٪) از آنالیز واریانس یک طرفه (One way-ANOVA) استفاده گردید و مقایسه میانگین تیمارها در سطح $P < 0.05$ با استفاده از آزمون دانکن (Duncan) انجام شد. آنالیز آماری طرح با از بسته نرم‌افزاری SPSS (ویرایش ۱۵) صورت گرفت.

نتایج

شاخص‌های اندازه‌گیری شده کیفیت آب در هفته‌های مختلف آزمایش (میانگین \pm خطای معیار) در جدول ۱ و نتایج حاصل از شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است (تفاوت a و b در وجود اختلاف معنی‌دار بین مقایسه میانگین تیمارها در سطح $P < 0.05$ با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد). نتایج این مطالعه نشان داد که بچه ماهی‌های سوف معمولی تغذیه شده با غذای بیومار + ۲٪ بتائین رشد بالاتری را نسبت به سایر تیمارها داشته‌اند ($P < 0.05$). میانگین وزن بچه ماهی‌های سوف معمولی در پایان آزمایش در دامنه 0.16 ± 0.72 گرم در تیمار بیومار و 0.38 ± 0.57 در تیمار بیومار + بتائین ۱٪ و 0.54 ± 0.52 گرم در بچه ماهی‌های تغذیه شده با جیره بیومار + ۲٪ بتائین بود و اختلاف معنی‌داری بین تیمار بتائین ۲٪ با سایر تیمارها مشاهده گردید ($P < 0.05$). میزان مصرف غذا نیز در تیمار ۲٪ بتائین بیشتر از سایر تیمارها مشاهده گردید ولی این اختلاف بین تیمارها مختلف معنی‌دار نبود ($P > 0.05$).

اندازه‌گیری وزن و طول به ترتیب ۰/۰۱ میلی‌گرم و ۰/۱ میلی‌متر بود. در آزمایشگاه تجزیه لاشه بچه ماهی‌های سوف معمولی و تعیین ترکیبات شیمیایی لاشه مطابق با استاندارد (AOAC, 1997) انجام پذیرفت. پروتئین خام با استفاده از روش میکروکجلدال و با تعیین مقدار نیتروژن کل و تبدیل آن به پروتئین خام بر اساس ۱۶ درصد نیتروژن، چربی خام مطابق با روش سوکسله، رطوبت و ماده خشک لاشه به‌طور وزنی بعد از انجماد خشک به مدت ۲۴ ساعت و همچنین خاکستر نیز از طریق سوزاندن در کوره ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید (AOAC, 1997) و برای ارزیابی شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه نیز از معادلات زیر استفاده گردید (El-Husseiny et al., 2008).

$$(1) \text{ افزایش وزن بدن } BWI (g) = Wt - Wi$$

$$(2) \text{ میانگین رشد روزانه }^1$$

$$ADG(\%) = \left[\frac{Wt - Wi}{T} \right] \times 100$$

$$(3) \text{ ضریب رشد ویژه }^2$$

$$SGR(\% / \text{day}) = \left[\frac{\ln Wt - \ln Wi}{T} \right] \times 100$$

$$(4) \text{ شاخص وضعیت }^3 CF = \frac{Wt}{L^3} \times 100$$

$$(5) \text{ ضریب تبدیل غذایی }^4 FCR = \frac{C \times T}{Wt - Wi}$$

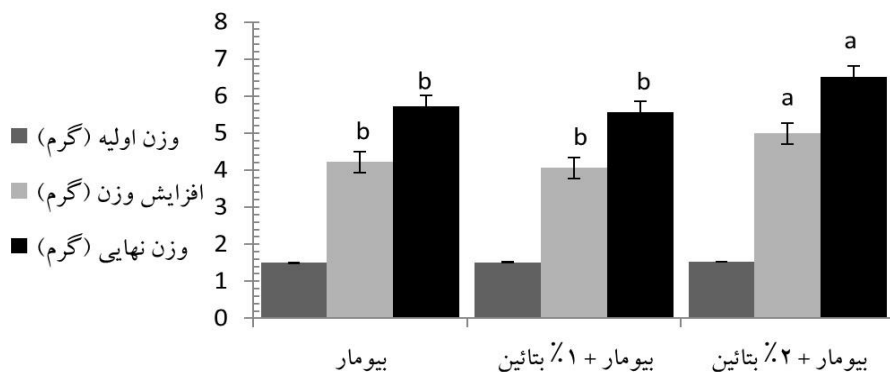
$$(6) \text{ ضریب کارایی تغذیه }^5 FE = (Wt - Wi) TFC - 1$$

در معادلات مذکور: Wi = وزن اولیه بچه ماهی، Wt = وزن نهایی بچه ماهی، T = طول مدت پرورش، L = طول نهایی بچه ماهی، C = مقدار غذای خورده شده روزانه، G = افزایش وزن بچه ماهی، TFC = کل غذای مصرف شده می‌باشد.

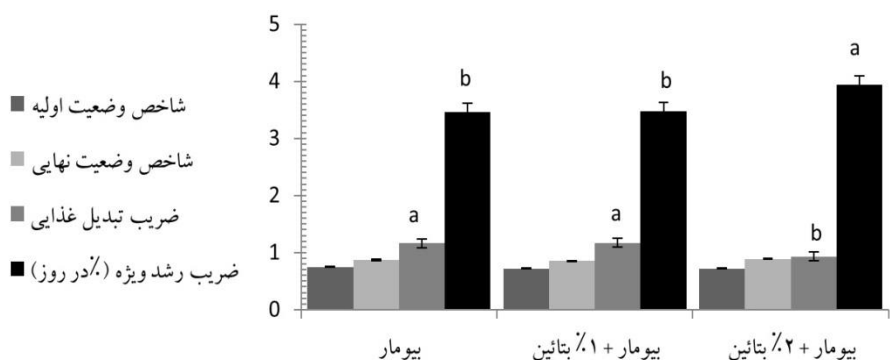
1. Average Daily Growth
2. Specific growth rate
3. Condition factor
4. Feed Conversion Ratio
5. Feed Efficiency

جدول ۱. شاخص‌های اندازه‌گیری شده کیفیت آب در طول دوره آزمایش (خطای معیار \pm میانگین)

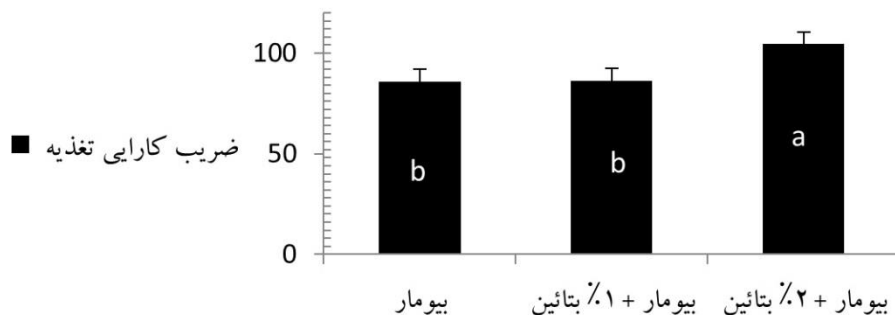
| دوره آزمایش (هفته) | | | | | | | فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| ششم | پنجم | چهارم | سوم | دوم | اول | | |
| ۲۹/۲۳ \pm ۰/۳۱ | ۲۹/۶۵ \pm ۰/۲۵ | ۲۸/۱۱ \pm ۰/۵۹ | ۲۶/۱۹ \pm ۱/۴۰ | ۲۴/۱۱ \pm ۰/۸۳ | ۲۳/۷۴ \pm ۰/۱۸ | دمای آب (سانتی‌گراد) | |
| ۷/۵۱ \pm ۰/۶۱ | ۶/۶۱ \pm ۱/۱۹ | ۷/۲۷ \pm ۰/۶۳ | ۷/۷۲ \pm ۰/۵۳ | ۷/۴۸ \pm ۰/۴۸ | ۶/۷۵ \pm ۰/۳۹ | اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر) | |
| ۸/۲۸ \pm ۰/۱۰ | ۸/۲۹ \pm ۰/۱۲ | ۸/۲۷ \pm ۰/۱۰ | ۸/۳۲ \pm ۰/۰۸ | ۸/۳۰ \pm ۰/۰۶ | ۸/۴۳ \pm ۰/۲۱ | pH | |



نمودار ۱. میزان وزن اولیه، افزایش وزن و وزن نهایی (بر حسب گرم) در بچه ماهی سوف معمولی تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین، طی ۶ هفته آزمایش، حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشند ($P < 0.05$).



نمودار ۲. شاخص وضعیت اولیه، نهایی (گرم بر سانتی‌متر)، ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه (بر حسب % در روز) در بچه ماهی سوف معمولی تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین، طی ۶ هفته آزمایش، حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشند ($P < 0.05$).



نمودار ۳. ضریب کارایی تغذیه در بچه ماهی سوف معمولی تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین، طی ۶ هفته آزمایش، حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشند ($P < 0.05$).

بود ($P < 0.05$) اما این تغییرات در تیمار بیومار و بیومار + ۱٪ بتائین معنی‌دار نگردید. نتایج حاصله از این آزمایش همچنین نشان داد که افزودن سطوح مختلف جاذب بتائین به غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تأثیر معنی‌داری بر میزان چربی بدن بچه ماهیان سوف معمولی در تیمارهای مختلف دارد ($P < 0.05$) و در دو هفته آخر آزمایش کاهش چربی بدن در تیمار بیومار + ۲٪ بتائین نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار مشاهده گردید.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی بدن بچه ماهیان سوف معمولی (*Sander lucioperca*) در جدول ۲ آورده شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که افزودن سطوح مختلف جاذب بتائین به غذای آغازین ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تأثیر معنی‌داری بر ترکیبات بدن بچه ماهیان سوف معمولی داشته است ($P < 0.05$). پروتئین بدن بچه ماهیان سوف معمولی تغذیه شده با غذای بیومار + ۲٪ بتائین، بالاتر از سایر تیمارها مشاهده گردید و این اختلاف معنی‌دار

جدول ۲. میزان پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر لاشه (بر حسب درصد ماده خشک) بچه ماهیان سوف معمولی (*S. lucioperca*) تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین، طی ۶ هفته آزمایش ($n = 3$ ، میانگین \pm انحراف معیار)

| تیمارها | | بیومار | فاکتور | دوره آزمایش |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------|-----------------------|
| بیومار + بتائین ۲٪ | بیومار + بتائین ۱٪ | | | |
| ۷۶/۲۳±۰/۷۴ | ۷۶/۲۳±۰/۷۴ | ۷۶/۲۳±۰/۷۴ | رطوبت | هفته اول (روز ۱) |
| ۱۰/۲۶±۰/۵۸ | ۱۰/۲۶±۰/۵۸ | ۱۰/۲۶±۰/۵۸ | خاکستر | |
| ۲۶/۴۵±۰/۳۲ | ۲۶/۴۵±۰/۳۲ | ۲۶/۴۵±۰/۳۲ | چربی | |
| ۵۷/۴۹±۰/۸۴ | ۵۷/۴۹±۰/۸۴ | ۵۷/۴۹±۰/۸۴ | پروتئین | |
| ۷۵/۶۴±۰/۶۴ ^a | ۷۶/۳۱±۰/۵۲ ^a | ۷۵/۴۷±۰/۳۱ ^a | رطوبت | هفته سوم (روز ۱۴) |
| ۱۱/۳۲±۰/۳۱ ^a | ۱۰/۸۹±۰/۴۸ ^a | ۱۰/۵۳±۰/۷۶ ^a | خاکستر | |
| ۲۵/۵۸±۰/۶۳ ^a | ۲۶/۳۶±۰/۴۵ ^a | ۲۶/۸۷±۰/۷۸ ^a | چربی | |
| ۵۹/۴۶±۰/۴۳ ^a | ۵۸/۱۵±۰/۵۷ ^a | ۵۸/۲۷±۰/۸۳ ^a | پروتئین | |
| ۷۴/۳۱±۰/۰۸ ^b | ۷۴/۹۲±۰/۰۸ ^b | ۷۵/۶۹±۰/۱۷ ^a | رطوبت | هفته پنجم (روز ۲۸) |
| ۱۱/۳۹±۰/۱۴ ^a | ۱۰/۶۸±۰/۵۴ ^a | ۱۱/۲۴±۰/۲۱ ^a | خاکستر | |
| ۲۳/۲۱±۰/۴۵ ^b | ۲۵/۶۹±۰/۴۳ ^a | ۲۶/۷۴±۰/۹۷ ^a | چربی | |
| ۶۱/۳۷±۰/۹۳ ^a | ۵۹/۷۳±۰/۶۲ ^{ab} | ۵۸/۶۶±۰/۴۹ ^b | پروتئین | |
| ۷۵/۲۹±۰/۱۴ ^a | ۷۵/۳۲±۰/۰۸ ^a | ۷۳/۴۲±۰/۲۴ ^b | رطوبت | هفته هفتم (روز ۴۲) |
| ۱۲/۶۴±۰/۳۵ ^a | ۱۱/۷۷±۰/۶۵ ^{ab} | ۱۰/۹۷±۰/۲۹ ^b | خاکستر | |
| ۲۱/۴۷±۰/۱۴ ^c | ۲۴/۷۳±۰/۱۱ ^b | ۲۶/۶۴±۰/۳۷ ^a | چربی | |
| ۶۳/۸۸±۰/۷۸ ^a | ۶۱/۵۳±۰/۶۹ ^b | ۵۹/۹۵±۰/۵۸ ^b | پروتئین | |

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$).

اثر مثبت داشته است و جیره‌های غذایی حاوی ۱/۵ الی ۲٪ بتائین میزان رشد بهتری را در مقایسه با گروه شاهد (بدون بتائین) داشتند (Polat & Beklevik, 1998). همچنین مطالعه بر روی ماهی آزاد چینوک تغذیه شده با مخلوط اسیدهای آمینه + جاذب بتائین ۱٪، بهترین میزان رشد را نشان داده است (Clarke *et al.*, 1994). مشابه این نتایج نیز در مطالعه‌ی اثر

بحث و نتیجه‌گیری

در این بررسی تأثیر بتائین بر روی فاکتورهای رشد و ترکیب شیمیایی بدن ماهی سوف معمولی مورد بررسی قرار گرفت و رشد ماهیان در تیمار حاوی بتائین ۲٪ نسبت به سایر تیمارها، افزایش را نشان داد. مطالعه‌ای بر روی آزاد ماهیان انگشت قد نشان داد که سطوح مختلف جاذب بتائین بر روی شاخص‌های رشد

(Kasumyan & Doving, 2003). ثانیاً تأثیر بتائین در گونه‌های مختلف ماهیان نیز متفاوت گزارش شده است (El-Husseiny *et al.*, 2008).

نتایج ترکیب شیمیایی بدن بچه ماهیان سوف نشان داد که بتائین همچنین اثر معنی‌داری بر افزایش میزان پروتئین و کاهش چربی لاشه دارد. در مطالعه‌ای اثر جاذب‌های غذایی بتائین و دی‌آلانین در جیره غذایی لارو گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) بررسی گردید و میزان پروتئین بدن افزایش معنی‌داری را نشان داد (Yilmaz & Ablak, 2003). اثر بتائین بر روی ترکیب لاشه ماهی تیلاپپای آبی (*Oreochromis aureus*) نیز بررسی شده و میزان پروتئین لاشه پس از طی ۶۰ روز افزایش یافته است (Genc *et al.*, 2006). تأثیر افزایشی بتائین بر پروتئین بدن در ماهیان دیگر نظیر قزل‌آلای رنگین‌کمان (Tiril *et al.*, 2008; Niroomand *et al.*, 2011) و فیل ماهی (Sudagar *et al.*, 2005) و در گونه‌های دیگر نظیر مرغان گوشتی (Modirsanei & Kiaei, 2002) و خوک‌ها (Fernandez-Figares *et al.*, 2002) نیز گزارش شده است. نتایج بررسی حاضر با نتایج سایر مطالعات نظیر اثر کولین و بتائین بر روی کارایی رشد و ترکیب شیمیایی بدن ماهی تیلاپپای نیل (*Oreochromis niloticus*) که سبب کاهش چربی بدن گردید مشابهت دارد که این عامل را ممکن است به تأثیر بتائین در تولید موادی نظیر متیونین، کراتین و کارنیتین نسبت داد که نقش مهمی را در پروتئین‌سازی، متابولیسم انرژی، چربی‌سوزی و ممانعت از کبد چرب دارد (El-Husseiny *et al.*, 2008). در مطالعه‌ای دیگر نیز اثر جاذب‌های بتائین و دی‌آلانین بر روی لارو گربه ماهی آفریقایی^۲ کاهش چربی بدن را نشان داد (Yilmaz & Ablak, 2003). همچنین اثرات

بتائین و کولین در جیره ماهی تیلاپپای نیل (*Oreochromis niloticus*) گزارش شده است که اضافه کردن ۰/۵٪ بتائین و ۰/۳٪ کولین به جیره باعث افزایش مصرف غذا، بهبود ضریب تبدیل غذایی، افزایش ضریب کارایی تغذیه، رشد بیشتر و نرخ کارایی پروتئین بالاتر گردیده است (El-Husseiny *et al.*, 2008). اثر بتائین به‌عنوان جاذب غذایی و فاکتور افزایش رشد در ماهی تیلاپپا (Kasper *et al.*, 2002)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (Can & Sener, 1992; Niroomand *et al.*, 2011)، مارماهی اروپایی (Mackie & Mitchell, 1982)، فیل ماهی (Sudagar *et al.*, 2005) و میگوی سفید هندی (Asadi *et al.*, 2010) نیز گزارش شده است و نتایج حاصل از این بررسی مشابه با این مطالعات می‌باشد. اما نتایج حاصل از عدم تأثیر بتائین در رشد نیز گزارش شده است در تحقیقی دیگر اثر سطوح مختلف جاذب بتائین بر روی رشد ماهی پیاکو^۱ (*Leporinus macrocephalus*) مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده گردید که جاذب بتائین بجزء بر فاکتور وضعیت که بالاتر از سایر تیمارها بود اثر معنی‌داری بر روی رشد نداشت (Normandes *et al.*, 2006). عدم تأثیر بتائین بر روی ماهی تیلاپپای آبی (*Oreochromis aureus*) (Genc *et al.*, 2006; Polat *et al.*, 1999) و لارو ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) (Azimirad *et al.*, 2013)، نیز گزارش شده است. بر اساس نتایج مطالعات ارائه شده می‌توان گفت که اولاً مکمل بتائین در مرحله انگشت قدی تأثیر مشخص‌تری (نظیر نتایج مطالعه حاضر) دارد و در مرحله لاروی، با توجه به زمان تغییر عادت غذایی به جیره‌های حاوی این مواد، ممکن است به دلیل عدم توسعه کامل گیرنده‌های شیمیایی و لوب‌های بویایی در مرحله لاروی باشد

دهنده نقش مؤثری را در این رابطه ایفاء می‌کند (Eklund et al., 2005). همچنین بتائین همانند سایر گروه‌های متیل دهنده، در سنتز کارنیتین نقش عمده‌ای را ایفاء می‌کند. عدم وجود کارنیتین در مقادیر لازم باعث مختل شدن روند اکسیداسیون اسیدهای چرب در بدن گردیده و در نتیجه باعث تجمع چربی در بافت‌های بدن می‌شود (Eklund et al., 2005). این مطالعه که در مرحله بچه ماهی انگشت قدی صورت گرفته در پیرو تکمیل اثرات این ماده در ماهی سوف معمولی در مرحله لاروی (Azimirad et al., 2013) می‌باشد و با توجه به نتایج این مطالعه بتائین سبب افزایش رشد، افزایش کارایی تغذیه و بهبود وضعیت پروتئینی لاشه گردید و همچنین چربی لاشه را کاهش داد که علاوه بر توصیه به استفاده از آن در جیره غذایی، این گونه از ماهی در مراحل بالاتر از مرحله لاروی، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده اثر بتائین با نسبت‌های مختلف چربی در جیره ماهیان بررسی گردد.

سپاسگزاری

از جناب آقایان مهندس رسولی، مکتت خواه و دیگر کارشناسان محترم و پرسنل زحمت کش مرکز تکثیر، پرورش و بازسازی ذخایر آبزیان شادروان دکتر یوسف‌پور (سیاهکل) و زحمات دکتر نویریان، دکتر فلاحتکار و مهندس موسی‌پور که با در اختیار قرار دادن امکانات و اطلاعات ارزشمند خود در انجام این تحقیق یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

کاهش چربی بدن در سایر ماهیان نظیر قزل‌آلای رنگین کمان (Tiril et al., 2008) و فیل ماهی (Sudagar et al., 2005) نیز گزارش شده است. البته گزارشات متناقض نیز در مورد بتائین وجود دارد به‌عنوان مثال در مطالعه‌ای اثر بتائین بر قزل‌آلای رنگین کمان میزان چربی بدن ثابت مانده (Niroomand et al., 2011) و یا حتی در ماهی تیلاپیای آبی (*Oreochromis aureus*) میزان چربی لاشه افزایش یافته است (Genc et al., 2006). اما از جمله دلایل کاهش چربی و افزایش پروتئین بدن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که متابولیسم بتائین به‌طور خیلی نزدیکی با متابولیسم کولین و متیونین مرتبط است. هر سه ماده به‌عنوان عوامل چربی سوز محسوب می‌شوند و موادی هستند که در موجودات از شکل‌گیری کبد چرب جلوگیری می‌کنند و در واکنش‌های انتقال دهنده متیل دخالت می‌کنند (Harper et al., 1979). از میان مواد جاذب فقط بتائین می‌تواند به‌طور مستقیم به‌عنوان دهنده گروه متیل در کبد دخالت داشته باشد (Mudd et al., 1980) و این ترکیبات دهنده گروه متیل در رفع عارضه کبد چرب نقش ویژه ای دارند و به‌طوری‌که این ترکیبات با دادن گروه متیل خود باعث تحریک انتقال کلسترول و لیپوپروتئین‌ها از کبد به خون می‌شوند و یافته‌های علمی نشان داده که مهمترین مرحله در متابولیسم چربی‌ها، مرحله متیلاسیون است و بتائین به‌عنوان مهمترین متیل

REFERENCES

- Afsharmazandarani, N.; (2001). Guide to marine science pharmaceutical supply food and medical institutions in Iran. Norbakhsh publications. Tehran. Iran; 216pp; (In Persian).
- AOAC.; (1997). Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th edn. Vol, 1, Chapter 4, Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA; 1-3.
- Asadi, M.; Azari Takami, G.; Sajadi, M.M.; Moezi, M.; Niroomand, M.; (2010). Effect of rotifers enriched with betaine and concentrated diet containing betaine on growth, survival and stress resistance of Indian white prawn (*Fenneropenaeus indicus*). Iranian Scientific Fisheries Journal; 19(3): 1-10. (In Persian).
- Azimirad, M.; Farhangi, M.; Mojaziamiri,

- B.; Efatpanah, I.; Mansoritaee, H.; (2013). effect of different levels of Betaine attractive in the diet on growth, feed efficiency and survival rate of Pike perch (*Sander lucioperca*; Linnaeus, 1785) larve. Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources). 66(3): 347-358. (In Persian).
- Can, K.; Sener, E.; (1992). The effect of Betaine-added starter feeds on the growth of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) fry. Journal Aqua Products. 1: 95-104.
- Clarke, W.; Craig, V.; Erkki, B.; John, H.; David, A.; (1994). Effects of a dietary betaine/amino acid additive on growth and seawater adaptation in yearling chinook salmon. Aquaculture; 121(1): 137-145 .
- Eklund, M.; Bauer, E.; Wamatu, J.; Mosenthin, R.; (2005). Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. Nutrition Research Reviews; 18: 31-48.
- EL-Husseiny, O. M.; El-Din, G.; Abdul-Aziz, M.; Mabroke, R. S.; (2008). Effect of mixed protein schedules combined with choline and betaine on the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Research; 39(3): 291-300.
- Fast, A.W.; Lester, L.J.; (1992). Marine shrimp culture: principles and practices. Elsevier Science; P.862.
- Felix, N.; Sudharsan, M. (2004). Effect of glycine betaine, a feed attractant affecting growth and feed conversion of juvenile freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergi*). Aquaculture Nutrition; 10: 193-197.
- Fernandez-Figares, I.; Wray-Cahen, D.; Steele, N.C.; Campbell, R.G.; Hall, D.D.; Virtanen, E.; Caperna, T.J.; (2002). Effect of dietary betaine on nutrient utilization and partitioning in the young growing feed-restricted pig. Journal of animal science; 80(2): 421-428.
- Genc, M. A.; Tekelioglu, N.; Yilmaz, E.; Hunt, A. O.; Yanar, Y.; (2006). Effect of dietary Betaine on growth performance and body composition of (*Oreochromis aureus*) reared in fresh and sea water a comparative study. Journal of Animal and Veterinary Advances; 5(12): 1185-1188.
- Harpaz, S.; (2005). L-carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition -a review. Aquaculture; 429: 3-21.
- Harper, H.A.; Rodwell, V.W.; Mayes, P.A.; (1979). Review of Physiological Chemistry. 17th ed. Lange Medical Publications. Los Altos, CA. USA; 702.
- Hughes, S.G.; (1990). Aqueous amino acid solutions can alter the feeding of glass eel, (*Anguilla anguilla*). Aquacult Fish Management; 22: 47-56.
- Kasper, C. S.; White, M.R.; Brown, P.B.; (2002). Betaine can replace choline in diets for juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture; 205(1): 119-126.
- Kasumyan, A.O.; Doving, K.B.; (2003). Taste preferences in fishes. Journal of Fish and Fisheries; 4: 289-347.
- Kasumyan, A.O.; Sidorov, S.S.; (2005). Taste Preferences in Fish with Chronic Anosmia. Journal of Ichthyology; 45(7): 526-534.
- Kestemont, P.; Melard, C.; (2000). Percid Fishes Systematics, Ecology and Exploitation (J. F. Craig Ed.) . Blackwell Science; Oxford.
- Kestemont, P.; Xueliang, X.; Hamza, N.; Maboudou, J.; Imorou T.; (2007). Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. Aquaculture; 264(1): 197-204.
- Mackie, A.M.; Mitchell, A.I.; (1982). Further studies on the chemical control of feeding behaviour in the Dover Sole (*Solea solea*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology; 73(1): 89-93.
- Moeckel, G.W.; Shadman, R.; Fogel, J.M.; Sadrzadeh, S.M.H. (2002). Organic osmolytes betaine, sorbitol and inositol are potent inhibitors of

- erythrocyte membrane ATPases. Life Sciences. 71: 2413-2433.
- Modirsanei, M.; Kiaei, S.M.M.; (2002). Study the possibility of using betaine in order to spare methionine requirement in broiler chick rations. Journal of Veterinary Reserch; 57(3): 87-92. (In Persian).
- Mudd, S.H.; Ebert, M.H.; Scriver, C.R.; (1980). Labile methyl group balances in the human: the role of sarcosine. Metabolism; 29: 707-720.
- Niroomand, M.; Sajadi, M.M.; Yahyavi, M.; Asadi, M.; (2011). Effects of dietary Betaine on growth, survival, body composition and resistance of fry rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under environmental stress. Iranian Scientific Fisheries Journal; 20(1);135-146. (In Persian).
- Normandes, E.B.; Barreto, R.E.; Carvalho, R.F.; Delicio, H.C.; (2006). Effects of Betaine on the growth of the fish Piaucu (*Leporinus macrocephalus*). Brazilian Archives of Biology and Technology; 49(5): 757-762.
- Oikawa, C.K.; March, E.E.; (1997). A method for assessment of the efficacy of feed attractants for fish. Progressive Fish-Culturist; 59: 213-217.
- Polat, A.; Beklevik, G.; (1998). The importance of betaine and some attractive substances as fish feed additives. Paper presented at the Feed Manufacturing in the Mediterranean Region Recent Advances in Research and Technology, Spain. 217-220.
- Safihosseini, S, A.; Akrami, R.; (2013). Effects of dietary Betaine on growth, survival and resistance of fry wild carp (*Cyprinus carpio*) under some environmental stress. Journal of Applied Ichthyological Researc; 1(3): 15-24.
- Sattari, M.; Shahsavany, D.; Shafiee, S.; (2002). Ichthyology 2 (systematic). (Vol. 2). Haghshenas pablication, Guilan, Iran. (In Persian).
- Sudagar, M.; Azari Takami, Gh.; Panomarev, C. A.; Mahmoudzadeh, H.; Abedian, A.; Hosseini, S. A.; (2005). The effects of different dietary levels of betaine and methionine as attractant on the growth factors and survival rate of juvenile beluga (*Huso huso*). Journal of Iranian Science Fish; 2(14); 41-50. (in Persian).
- Takeda, M.; Takii, K.; (1992). Gustation and Nutrition in fishes: application to aquaculture. Fish chemoreception; 271-287.
- Tiril, S.U.; Alagil, F.; Yagci, F.B.; Aral, O.; (2008). Effects of betaine supplementation in plant protein based diets on feed intake and growth performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Bamidgeh; 60(1): 57-64.
- Wu, G.; Davis, D. A.; (2005). Interrelationship Among Methionine, Choline, and Betaine in Channel Catfish *Ictalurus punctatus*. Journal of the World Aquaculture Society; 36(3): 337-345.
- Yilmaz, E.; (2005). The effects of two chemo-attractants and different first feeds on the growth performances of African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) at different larval stages. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences; 29: 309-314.
- Yilmaz, M.; Ablak, Ö.; (2003). The feeding behavior of pikeperch (*Sander lucioperca* (L., 1758)) living in Hirfanli Dam Lake. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences; 27: 1159-1165.