

## بررسی ترجیح چشایی و رفتار غذایی ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) با استفاده از غلظت‌های مختلف

### اسیدهای آمینه آزاد

- ❖ گلی نوری\*: دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
- ❖ ولی‌اله جعفری: استادیار گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
- ❖ رسول قربانی: دانشیار گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
- ❖ شیدا گلی: دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

#### چکیده

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اسیدهای آمینه آزاد اثر تحریکی در سیستم چشایی ماهی‌ها دارند. وجود این مواد در غذاهای آزمایشی باعث تغییر در رفتار غذایی ماهی‌ها می‌شوند و مصرف بیشتر غذا را در پی دارند. در مطالعه حاضر پاسخ‌های رفتار چشایی بچه ماهی‌های سفید (*Rutilus frisii kutum*) به گرانول‌های حاوی مقادیر مختلف اسید آمینه‌های متیونین، پرولین، سیستین و اسید گلوتامیک و تعیین مطبوعیت چشایی آنها با استفاده از علم رفتارشناسی بررسی شد. به این منظور، گرانول‌های حاوی غلظت‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۵ مولار این مواد و گرانول‌های شاهد تهیه و پاسخ‌های رفتار غذایی در مواجهه با هر یک از گرانول‌ها ثبت شدند. در بین غلظت‌های مختلف استفاده‌شده، بیشترین درصد مصرف، بالاترین شاخص مطبوعیت و درصد خورده به تلاش در غلظت‌های مختلف پرولین و اسید گلوتامیک مشاهده شد ( $P < 0/05$ ). تکرار عمل قاپیدن در مواجهه با اسیدهای آمینه مختلف، تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اما در غلظت بالای مواد تعداد قاپیدن آن کاهش یافت. همچنین، مدت زمان نگهداری گرانول‌ها در دهان از همبستگی بالا با شاخص مطبوعیت برخوردار بود. نبود تفاوت معنی‌دار ( $P > 0/05$ ) در میزان مصرف گرانول‌های حاوی متیونین و سیستین، در مقایسه با شاهد، آنها را در دسته اسیدهای آمینه خنثی برای ماهی سفید قرار داد. در حالی که، اسید آمینه پرولین و اسید گلوتامیک با ایجاد تفاوت معنی‌دار در میزان مصرف گرانول‌ها از جاذبیت چشایی برای ماهی سفید برخوردار بودند. تفاوت در پاسخ چشایی گونه‌های مختلف ماهی به اسیدهای آمینه مشابه، به اختصاص گونه‌ای در ترجیح چشایی نسبت داده شده است.

واژگان کلیدی: اسید آمینه، ترجیح چشایی، رفتار غذایی، سیستم چشایی، ماهی سفید.

## ۱. مقدمه

تغذیه از فرایندهای اساسی برای بقای فرد و گونه است (Hara and Zielinski, 2007). با این حال، روند انتخاب انواع غذاهای مناسب برای ماهیان در حد لازم مطالعه شده است. توسعه ساختاری سیستم‌های چشایی و ویژگی‌های توپوگرافی جوانه‌های چشایی به صورت معناداری با راهبرد زندگی و الگوهای تغذیه‌ای گونه‌های ماهی ارتباط دارد. در حالی که، ارتباط بین ترجیح‌های چشایی و طیف‌های وسیع غذایی و ترکیب موجودات غذایی مصرف‌شده واضح نیست (Kasumyan and Nikolaeva, 2002). علاوه بر آن، شناخت رفتارهای تغذیه‌ای، به‌منزله مبنای علم تغذیه، در امر پرورش نیز حائز اهمیت است.

ارگان‌های حسی متنوعی در ماهی‌ها شناخته شده‌اند که می‌توانند رفتارهای غذایی مختلف را هدایت کنند. برای مثال، قاپیدن می‌تواند ناشی از تحریک خط جانبی یا گیرنده‌های الکتریکی، بینایی، شنوایی، تحریک بویایی، چشایی و حس شیمیایی عمومی باشد، اما طعم غذا و برخی ویژگی‌های کیفی آن، مطبوعیت نوعی غذا را برای ماهی تعیین می‌کند. بنابراین، سیستم حس چشایی ارزیابی نهایی را در فرایند تغذیه به عهده دارد (Kasumyan, 1997). اندام‌های خارجی وابسته به سیستم چشایی ماهی‌ها، جوانه‌های چشایی‌اند که در لب‌ها، حلق، حفره دهانی و خارهای آبششی و همچنین، در سطح بدن با توجه به ویژگی‌های گونه وجود دارند (Ishimaru et al., 2005).

گیرنده‌های چشایی ماهی‌ها به اسیدهای آمینه

آزاد حساسیت بالا دارند؛ این ترکیبات می‌توانند فعالیت نورون‌های چشایی را تحریک کنند (Kasumyan and Doving, 2003). تحریک سیستم چشایی ممکن است رفتارهایی مانند قاپیدن، گرفتن طعمه، گاز زدن یا تکه‌کردن را در ماهی‌های تغذیه‌کننده از کف ایجاد کند (Gomahr et al., 1992). وقتی ماده‌ای غذایی در موقعیت مناسب با دهان ماهی قرار می‌گیرد، ماهی آن را می‌قاپد؛ سپس، سیستم چشایی داخل دهانی تعیین می‌کند که ماده غذایی پس‌زده یا بلعیده شود. زمانی را که ماده غذایی قبل از پس‌زدن یا قورت‌دادن در دهان حفظ می‌شود زمان نگهداری می‌گویند که طی آن جذابیت مورد غذایی تشخیص داده می‌شود. طولانی‌بودن این مدت لزوماً منجر به مصرف گرانول نمی‌شود (Kasumyan and Morsi, 1996).

مقایسه نتایج گونه‌های مختلف ماهی‌ها نشان می‌دهد که ترجیح چشایی داخل دهانی به شدت اختصاصی است. با توجه به اختصاصی بودن ترجیح چشایی، حتی در گونه‌های نزدیک به هم، برای آگاهی از ارتباط بین ترجیح چشایی ماهیان با موقعیت سیستماتیک و اکولوژیکی آنها، همچنین بررسی تنوع فردی ترجیح چشایی در اعضای یک گونه، مطالعات متعددی در زمینه ترجیح چشایی گونه‌های مختلف ماهی صورت گرفته است (Kasumyan and Doving, 2003). آگاهی از رفتار غذایی گونه‌های مختلف ماهیان، به‌منزله دانش پایه، در علوم شیلات حائز اهمیت است. علاوه بر این، نتایج پژوهش‌هایی از این قبیل می‌تواند برای ساخت جیره مطلوب و متناسب با ترجیح چشایی ماهی‌های پرورشی به کار گرفته شود. ترکیبات محرک، علاوه بر

انگشت‌قد به صورت تصادفی از جمعیت ماهی‌ها برای مراحل بعدی سازگاری انتخاب شدند.

در مرحله اول سازگاری، ماهی‌ها به آکواریوم‌های انفرادی انتقال داده شدند. هوادهی به صورت ۲۴ ساعته و ملایم، و نوردهی ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی فراهم شد. دمای آب ۲۰-۲۲ درجه سانتی‌گراد و PH ۷/۵ بود. تغذیه ماهی‌ها به صورت روزانه و با لارو شیرونومید منجمد شده انجام گرفت. به طوری که، حدود ۱۵ عدد شیرونومید در مدت ۵-۱۰ دقیقه یکی پس از دیگری به قسمت جلویی آکواریوم انداخته شد. در انتهای سازگاری، ماهی‌ها یاد گرفتند بعد از چند ثانیه غذای انداخته شده را از قسمت جلویی آکواریوم بردارند (Kasumyan et al., 2009).

مرحله دوم سازگاری، یک هفته قبل از شروع آزمایش‌ها انجام گرفت. ماهی‌ها در این مرحله با گرانول‌های حاوی عصاره شیرونومید (۱۷۵ گرم بر لیتر)، همانند مرحله اول، تغذیه شدند. ماهی‌ها در انتهای این مرحله یاد گرفتند که گرانول‌های انداخته شده به آکواریوم را به سرعت بردارند.

برای ساخت گرانول‌های آزمایشی، مقادیر مختلف اسید آمینه مورد نظر و ۰/۳ درصد اکسید کروم ( $Cr_2O_3$ )، به منزله ماده رنگی، به ژل آگار-آگار ۲ درصد اضافه شد. گرانول‌های شاهد فقط از ماده رنگی و ژل آگار-آگار ۲ درصد ساخته شد. ژل تهیه شده در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و حداکثر به مدت یک هفته استفاده شد (Kasumyan, 1997). قبل از آزمایش، ژل ساخته شده با استفاده از پیپت پاستور و تیغ ضد زنگ به شکل گرانول‌هایی با طول ۱/۵ میلی‌متر و قطر ۱/۱ میلی‌متر

پوشاندن تأثیرات نامطلوب ترکیبات غذایی، ویژگی شیمیایی مطلوب را به غذا می‌دهند. همچنین، مصرف بیشتر غذاهای مطلوب با ترشح بیشتر آنزیم‌های گوارشی همراه است (Takeda and Takii, 1992).

تولید غذاهای مطلوب این ماهی و متناسب با سیستم چشایی آن میزان زنده‌مانی و موفقیت در این امر را افزایش خواهد داد. علاوه بر این، روشن شدن ترجیح چشایی ما را به مطالعه بیشتر سیستم چشایی این گونه سوق خواهد داد. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف تعیین مطبوعیت چشایی اسیدهای آمینه پرولین، متیونین، سیستئین و اسید گلوتامیک انجام شد. در پژوهش‌های انجام شده در خانواده کپورماهیان، اسیدهای آمینه فوق از تنوع پاسخ چشایی برخوردار بوده‌اند. در حال حاضر ماهی سفید تا مرحله انگشت‌قد پرورش می‌یابد و قبل از رهاسازی نیز با غذای دستی فرموله شده غذادهی می‌شود.

## ۲. مواد و روش کار

پژوهش حاضر در آزمایشگاه آبزی‌پروری شهید فضلی برآبادی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام گرفت. بچه‌ماهی‌های مورد استفاده از کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال تهیه و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. نخست، ماهی‌ها در تانک‌هایی با حجم ۴۵۰ لیتر که با ۲۰۰ لیتر آب پر شده بود به مدت ۱ ماه نگهداری شدند. در این مدت غذادهی با استفاده از غذای بیومار ساخت کشور فرانسه، و ۲ بار در روز انجام شد. ۵۰ درصد آب تانک‌ها روزانه تخلیه و با آب شهری کلرزدایی شده آبگیری شد. بعد از این مدت زیست‌سنجی ماهی‌ها انجام شد. ۲۰ عدد ماهی

R: تعداد گرانول‌های مصرف‌شده حاوی ماده مورد نظر، C: تعداد گرانول‌های مصرف‌شده شاهد و Ipal: شاخص مطبوعیت.

بعد از واکنش ماهی به اولین گرانول، گرانول‌های بعدی در آکواریوم انداخته شد و واکنش ماهی به هر گرانول ثبت شد. آزمایش تا پایان ۱ دقیقه به همین صورت ادامه می‌یافت. در نهایت، فقط گرانول‌هایی محاسبه شدند که ماهی در این مدت به آنها واکنش نشان داده بود. لحظه بلعیدن گرانول‌ها با مشاهده اتمام حرکات فک پایین و یکنواخت شدن حرکات سرپوش آبششی تعیین شد. بعد از اتمام آزمایش، ماهی‌ها با شیرونومید فریزشده تغذیه شدند. گرانول‌های مصرف‌نشده، مواد دفعی و غذای باقی‌مانده، با تعویض کامل آب، از آکواریوم خارج شدند. برای آنالیز نتایج، نخست، نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیروویلیک آزمون شد. سپس، آزمون داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری من‌ویتنی و ضریب همبستگی اسپیرمن انجام گرفت.

### ۳. نتایج

پاسخ‌های رفتاری چشایی ماهی سفید به سه غلظت انتخابی اسیدهای آمینه آزاد سیستین، پرولین، متیونین و اسید گلوتامیک بررسی شدند. جدول ۱ مقایسه پارامترها، تفاوت پاسخ‌های رفتاری به گرانول‌های حاوی هر یک از اسیدهای آمینه را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که پاسخ گیرنده‌های چشایی ماهی سفید به گرانول‌های حاوی مواد مختلف و غلظت‌های مختلف آن متفاوت است. به طور طبیعی اسیدهای آمینه از نظر جذابیت برای ماهی می‌توانند

برش داده شد. آزمایش‌ها با ۲۰ عدد ماهی سازگاری شده با طول متوسط  $5/88 \pm 0/75$  سانتی‌متر و وزن متوسط  $1/5 \pm 0/5$  گرم در دو تکرار انجام شد. در مجموع، بیش از ۵۵۰ عدد آزمایش با ماهیان انجام شد که شامل سه غلظت ۰/۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۵ مولار از اسیدهای آمینه متیونین، اسید گلوتامیک، پرولین، سیستین و گرانول‌های شاهد بود.

برای انجام دادن آزمایش، یک گرانول از گرانول‌های مورد آزمایش در قسمت جلوی آکواریوم انداخته شد و در همان لحظه زمان‌سنج روشن شد. برای ضبط حرکات تغذیه‌ای ماهی از دوربین (Panasonic, SDR-H250GS-S, Japan) استفاده شد. مدت کل آزمایش ۱ دقیقه بود؛ چنان‌چه بعد از گذشت ۳۰ ثانیه ماهی به گرانول واکنش نشان نمی‌داد، آزمایش با آن ماهی متفسی می‌شد (Kasumyan, 1997). پارامترهای اندازه‌گیری شده در مدت آزمایش عبارت بودند از:

۱. مدت زمان (به ثانیه) نگهداری گرانول‌ها در دهان بعد از اولین قاپیدن؛
۲. تعداد کل قاپیدن‌ها؛
۳. تعداد گرانول‌هایی که در نهایت مصرف یا بلعیده می‌شد؛
۴. تعداد گرانول‌هایی که ماهی به آنها واکنش نشان می‌داد؛
۵. کل مدت نگهداری گرانول‌ها در دهان، طی مدت آزمایش؛
۶. برای محاسبه ترجیح چشایی از شاخص مطبوعیت استفاده شد (Kasumyan, 1997).

$$\text{Ipal} = \frac{R - C}{R + C} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

نداشت. با وجود اینکه متیونین کمترین میزان مصرف را داشت، اما از بیشترین تکرار عمل قاپیدن برخوردار بود. مدت زمان نگهداری در دهان بعد از اولین قاپیدن در بیشتر موارد تفاوتی با شاهد نشان نداد، اما در اسید آمینه اسید گلوتامیک و شیرونومید، که از مطبوعیت بالا برخوردار بودند، این زمان با اختلاف معنی‌دار بالاتر از شاهد بود ( $P < 0.05$ ). متوسط زمان نگهداری طی آزمایش در اسید گلوتامیک بیشتر از شیرونومید و شاهد بود. بالاترین میزان درصد خورده به تلاش، که نشان می‌دهد چند درصد از تلاش‌های ماهی منجر به مصرف شده است، در اسیدهای آمینه با شاخص مطبوعیت بالا مشاهده شد. حدود ۹۵ درصد از تلاش‌های ماهی در مواجهه با گرانول‌های حاوی عصاره شیرونومید منجر به مصرف آنها شد، در حالی که، این میزان در شاهد ۱۵/۵ درصد بود

به سه گروه متفاوت تقسیم شوند: گروه اول، اسیدهای آمینه جاذب (محرک) که مصرف گرانول را افزایش می‌دهند؛ گروه دوم، اسیدهای آمینه دافع و گروه سوم، اسیدهای آمینه خنثی که تفاوتی ایجاد نمی‌کنند (Kasumyan and Morsi, 1996). همه اسیدهای آمینه مورد آزمایش در غلظت پایه (۰/۰۰۱ مول) باعث افزایش مصرف گرانول‌ها نسبت به شاهد شدند، اما این افزایش فقط در اسیدهای آمینه اسید گلوتامیک و پرولین نسبت به شاهد معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ).

در غلظت مشابه بین اسیدهای آمینه، بالاترین شاخص مطبوعیت مربوط به اسید آمینه پرولین بود که در مقایسه با شیرونومید، با مطبوعیت بسیار بالا، به نسبت کم است. مصرف همه گرانول‌های آزمایشی با تکرار عمل قاپیدن همراه بود و از این نظر تفاوت معنی‌دار بین هیچ‌یک از اسیدهای آمینه و شاهد وجود

جدول ۱. مقایسه میانگین پارامترهای بررسی شده با شاهد در غلظت پایه اسیدهای آمینه

نوع مواد	غلظت (مولار)	تعداد آزمایش	درصد مصرف	شاخص مطبوعیت	تعداد قاپیدن	مدت زمان نگهداری در دهان (به ثانیه)	درصد خورده به تلاش
پرولین	۰/۰۰۱	۳۷	۴۳/۱۹*	۴۱/۸۵	۷/۷۴	۲/۷۶	۳۵/۸۹*
متیونین	۰/۰۰۱	۴۰	۲۲/۴۶	۳۰/۶۹	۸/۱۹	۲/۸۴	۱۹/۰۸
گلوتامیک اسید	۰/۰۰۱	۴۰	۴۸/۵۱*	۳۵/۴۲	۶/۱۶	۳/۱۵*	۴۳/۵۳*
سیستین	۰/۰۰۱	۳۹	۲۵/۵۴	۱۵/۸۳	۵/۹۰	۲/۰۵	۲۲/۰
شیرونومید (۱۷۵ گرم بر لیتر)		۶۰	۹۷/۳۴***	۸۵/۸۴	۱۰/۲۷**	۴/۹۶*	۹۴/۹۳***
شاهد	-	۶۰	۱۸/۶۰	-	۷/۳۰	۱/۸۸	۱۵/۶۵

علامت \* نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار با شاهد در سطح ۰/۰۵ درصد، \*\* در سطح ۰/۰۱ درصد و \*\*\* در سطح ۰/۰۰۱ درصد است.

نشندند. با این حال، افزایش غلظت همه اسیدهای آمینه منجر به بروز پاسخ‌های رفتار چشایی شد که در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود. واکنش ماهی به افزایش ۱۰ برابری غلظت هر یک از اسیدهای آمینه متفاوت بود (جدول ۲).

نتایج در غلظت پایه اسیدهای آمینه مورد آزمایش نشان داد که دو اسید آمینه پرولین و اسید گلوتامیک در دسته اسیدهای آمینه جاذب برای ماهی سفید قرار می‌گیرند. در حالی که، اسیدهای آمینه متیونین و سیستئین تأثیر خنثی دارند و، در مقایسه با شاهد، باعث افزایش یا کاهش در پارامترهای پاسخ چشایی

جدول ۲. مقایسه میانگین پارامترهای بررسی شده با شاهد در غلظت ۰/۰۱ مولار اسیدهای آمینه

نوع مواد	غلظت (مولار)	تعداد آزمایش	درصد مصرف	شاخص مطبوعیت	تعداد قاپیدن	مدت زمان نگهداری در دهان (به ثانیه)	درصد خورده به تلاش
پرولین	۰/۰۱	۴۰	۴۲/۳۴*	۳۸/۳۸	۶/۳۷	۲/۴۷	۳۸/۶۸*
متیونین	۰/۰۱	۴۰	۳۵/۷۲	۲۵/۳۲	۶/۳۲	۳/۰۶*	۳۲/۹۶
گلوتامیک اسید	۰/۰۱	۴۰	۷۵***	۶۷/۴۳	۶/۴۴	۳/۱۹***	۷۳/۹۹***
سیستئین	۰/۰۱	۴۰	۳/۷۵*	-۳۰/۴۲	۲/۷۵***	۰/۶۶***	۲/۹*
شیرونومید (۱۷۵ گرم بر لیتر)	۰/۰۱	۶۰	۹۷/۳۴***	۸۵/۸۴	۱۰/۲۷**	۴/۹۶*	۹۴/۹۳***
شاهد	-	۶۰	۱۸/۶۰	-	۷/۳۰	۱/۸۸	۱۵/۶۵

علامت \* نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار با شاهد در سطح ۰/۰۵ درصد، \*\* اختلاف معنی‌دار با شاهد در سطح ۰/۰۱ و \*\*\* اختلاف معنی‌دار با شاهد در سطح ۰/۰۰۱ است.

جدول ۳. مقایسه میانگین پارامترهای بررسی شده با شاهد در غلظت ۰/۰۵ مولار اسیدهای آمینه

نوع مواد	غلظت (مولار)	تعداد آزمایش	درصد مصرف	شاخص مطبوعیت	تعداد قاپیدن	مدت زمان نگهداری در دهان (به ثانیه)	درصد خورده به تلاش
پرولین	۰/۰۵	۴۰	۲۰/۰	-۴/۰۳	۶/۰۳	۱/۲۷**	۱۷/۴۸
متیونین	۰/۰۵	۴۰	۲۹/۴۴	۴/۴۴	۲/۸**	۱/۲۱*	۲۷/۸۹
گلوتامیک اسید	۰/۰۵	۴۰	۷۵/۱۵***	۶۵/۶۸	۵/۹۲	۳/۷۳***	۷۰/۲***
شیرونومید (۱۷۵ گرم بر لیتر)	۰/۰۵	۶۰	۹۷/۳۴***	۸۵/۸۴	۱۰/۲۷**	۴/۹۶*	۹۴/۹۳***
شاهد	-	۶۰	۱۸/۶۰	-	۷/۳۰	۱/۸۸	۱۵/۶۵

علامت \* نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار با شاهد در سطح ۰/۰۵ درصد، \*\* اختلاف معنی‌دار با شاهد در سطح ۰/۰۱ و \*\*\* اختلاف معنی‌دار با شاهد در سطح ۰/۰۰۱ است.

آمینۀ پرولین و متیونین کمتر از شاهد بود. در میان اسیدهای آمینه مورد بررسی، سیستمین از بیشترین تأثیر در برابر تغییر غلظت برخوردار بود. به طوری که، در غلظت  $10^{-2}$  مولار کاهش شدیدی در مطبوعیت چشایی آن روی داد. این در حالی است که اسید آمینه متیونین تغییرات کمتری داشت و ماهی به تغییر مقادیر آن واکنش کمتری نشان داد. با توجه به اینکه این دو اسید آمینه از اسیدهای آمینه گوگرددار به شمار می‌آیند، نتایج نشان‌دهنده تأثیر متفاوت مواد شیمیایی مشابه در سیستم چشایی ماهی سفید است. درصد مصرف هر یک از مواد، در ماهیان مورد آزمایش، از صفر تا ۱۰۰ متغیر بود؛ به طوری که، در مواجهه با یک اسید آمینه خاص، تعدادی از ماهیان صددردصد گرانول‌های آن را مصرف می‌کردند، در حالی که، میزان مصرف همان ماده در تعدادی دیگر از ماهیان صفر بود، که نشان می‌دهد تفاوت بین افراد این گونه زیاد است. بنابراین، آزمون کای اسکور به منظور بررسی تأثیر نوع ماده مورد آزمایش در تعداد ماهیان مصرف‌کننده، بدون در نظر گرفتن میزان مصرف، در هر یک از مواد مورد آزمایش انجام گرفت. نتایج این آزمون نشان داد که تأثیر تغییر غلظت در تعداد ماهیان مصرف‌کننده پرولین و سیستمین معنی‌دار است ( $X^2 < 0/05$ )، اما تأثیری در تعداد ماهیانی که گلوتامیک و متیونین را مصرف می‌کنند، ندارد ( $X^2 > 0/05$ ). بنابراین، تفاوت پاسخ‌های رفتاری در غلظت‌های مختلف پرولین و سیستمین می‌تواند ناشی از کاهش یا افزایش تعداد ماهیان مصرف‌کننده باشد، اما مصرف گلوتامیک و پرولین در اکثر ماهیان مورد آزمایش مشاهده شد. آزمون

میزان مصرف و شاخص مطبوعیت در اسید آمینه گلوتامیک در حدود دو برابر افزایش یافت. در حالی که، این مقادیر در اسید آمینه پرولین به صورت جزئی کاهش یافت. واکنش در دو اسید آمینه متیونین و سیستمین نسبت به هم متفاوت بود. در غلظت ۰/۰۱ مولار درصد مصرف متیونین افزایش، اما شاخص مطبوعیت و درصد خورده به تلاش کاهش یافتند که در این مقادیر نیز نسبت به شاهد معنی‌دار نبودند، اما در اسید آمینه سیستمین کاهش شدید در پارامترهای مصرفی اتفاق افتاد که نسبت به شاهد معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ). سیستمین در این غلظت خاصیت دافع چشایی را نشان داد که مقدار منفی شاخص مطبوعیت این حالت را نشان می‌دهد. کاهش شدید در تعداد قاپیدن و مدت زمان نگهداری، قوی‌بودن خاصیت دافع چشایی را نشان دادند. به طوری که، بعد از یک بار تماس ماهیان با گرانول‌های حاوی آن تکرار قاپیدن به‌ندرت مشاهده شد. نتایج افزایش غلظت نشان داد که اسیدهای آمینه جاذب ماهی سفید انعطاف بیشتری در افزایش غلظت نشان می‌دهند. به منظور بررسی واکنش ماهی به غلظت بالای اسیدهای آمینه و دستیابی به غلظتی که از بالاترین میزان پارامترهای مصرفی برخوردار باشد، غلظت ۰/۰۵ مولار نیز بررسی شد (جدول ۳). با افزایش غلظت، شاخص مطبوعیت همه اسیدهای آمینه کاهش یافت که بیشترین کاهش در اسید آمینه پرولین و کمترین آن در اسید گلوتامیک بود. به استثنای اسید گلوتامیک که میزان مصرف در آن محدودی افزایش یافت، سایر پارامترها در همه اسیدهای آمینه کاهش یافتند. مقادیر تکرار قاپیدن و مدت نگهداری در دهان در اسیدهای

همبستگی‌ها در مواجهه با اسید آمینه سیستمین و متیونین شدت کمی داشت. در حالی که، در اسید گلوتامیک و پرولین مقادیر همبستگی بیشتر بود. ارتباط مثبت و معناداری بین شاخص مطبوعیت با مدت نگهداری در دهان و نیز تعداد قاپیدن در همه اسیدهای آمینه برقرار بود، اما مقدار آن در اسید آمینه سیستمین کمتر از سایر اسیدهای آمینه بود و ارتباط معنی‌دار بین مدت نگهداری در دهان و درصد مصرف آن مشاهده نشد.

کروسکال والیس در بررسی اثر غلظت در هر یک از فاکتورها نشان داد که پاسخ‌های رفتار چشایی، مانند قاپیدن و مدت نگهداری در دهان، هم در مواد جاذب چشایی و هم خنثی نسبت به غلظت مواد مورد آزمایش تغییر کرده است و از نظر تغییر در پارامترهای رفتاری عملکردی مشابه داشتند، اما جهت و مقدار تغییرات در آنها متفاوت بود. همبستگی بین پارامترهای رفتار غذایی در مواجهه با هر یک از اسیدهای آمینه متفاوت بود. به طور کلی، مقدار

جدول ۴. جدول تست کروسکال والیس در بررسی اثر غلظت هر یک از اسیدهای آمینه در پارامترهای پاسخ چشایی

	درصد خورده به تلاش	متوسط نگهداری در دهان (به ثانیه)	مدت نگهداری بعد از اولین قاپیدن	تعداد قاپیدن	درصد مصرف	شاخص مطبوعیت	اسید آمینه
$\chi^2$	۹/۷۰۵	۶/۸۸۸	۱۹/۷۱۴	۱۰/۱۸۱	۸/۱۱۰	۹/۱۰۵	پرولین
df	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
p	۰/۰۴۶	۰/۱۴۲	۰/۰۰۱	۰/۰۳۷	۰/۰۸۸	۰/۰۵۹	
$\chi^2$	۹/۵۸۳	۱۶/۵۲۲	۱۶/۱۸۴	۰/۵۵۲	۸/۳۴۰	۴/۷۲۸	گلوتامیک
df	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
p	۰/۰۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۹۰۷	۰/۰۹۳	۰/۱۹۳	
$\chi^2$	۷/۵۱	۱۴/۴۷	۱۵/۲۸	۱۱/۲۶	۶/۸۹	۴/۷۱	سیستمین
df	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
p	۰/۰۵۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۷۵	۰/۱۹۵	
$\chi^2$	۲/۱۶۳	۱۲/۵۱۲	۱۸/۲۸۹	۲۹/۰۲۸	۲/۷۱۱	۲/۶۱۲	متیونین
df	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
p	۰/۵۳۹	۰/۰۰۶	۰	۰	۰/۴۳۸	۰/۴۵۵	

مقادیر ( $P < ۰/۰۵$ ) نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تغییر غلظت هر ماده در فاکتور مورد نظر است.



جدول ۵. مقادیر همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده

نوع مواد	قاپیدن	مدت نگهداری در دهان بعد از اولین قاپیدن (به ثانیه)	متوسط نگهداری در دهان (به ثانیه)
اسید گلوتامیک	شاخص مطبوعیت ۰/۰۶۵	۰/۲۷۶ *	۰/۴۹۱ **
	درصد مصرف ۰/۳۸۴ **	۰/۳۲۴ *	۰/۵۸۲ **
پرولین	شاخص مطبوعیت ۰/۲۴۸ **	۰/۴۹۸ **	۰/۵۷۰ **
	درصد مصرف ۰/۴۰۳ **	۰/۶۰۰ **	۰/۷۲۷ **
متیونین	شاخص مطبوعیت ۰/۲۱۰ *	۰/۳۶۷ **	۰/۴۶۱ **
	درصد مصرف ۰/۲۲۷ *	۰/۴۹۹ **	۰/۵۵۷ **
سیستین	شاخص مطبوعیت ۰/۳۲۸ **	۰/۱۲۸ **	۰/۱۳۲ **
	درصد مصرف ۰/۲۵۴ **	۰/۰۶۴ **	۰/۰۱۷

علامت \* نشان‌دهنده همبستگی معنادار در سطح ۰/۰۵ و علامت \*\* نشان‌دهنده همبستگی معنادار بین دو پارامتر در سطح ۰/۰۱ است.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش توانایی ماهی سفید در تشخیص مزه‌های مختلف را نشان داد. با توجه به نتایج، ترکیبات شیمیایی مانند اسیدهای آمینه می‌توانند پاسخ چشایی متفاوتی در ماهی سفید ایجاد کنند. بدون تردید ویژگی چشایی متفاوت در ماهی‌ها نشان‌دهنده نقش مهم گیرنده‌های چشایی در انتخاب غذاست. به‌رغم توسعه در زمینه گیرنده‌های چشایی ماهی و دیگر حیوانات هنوز تئوری روشی وجود ندارد که توضیح دهد چرا بعضی اجسام ترجیح داده و برخی دیگر پس زده می‌شوند. اعتقاد بر این است که جذابیت مواد به فرایندهای متابولیکی حیوانات مربوط می‌شود (Kasumyan and Morsi, 1996). سیستم‌های حسی شیمیایی ماهی سفید، مورفولوژی و ویژگی‌های عملکردی آنها تاکنون مطالعه نشده است. گنجاندن این مواد در گرانول‌های آگار باعث افزایش معنادار در مصرف این گرانول‌ها شد.

اساس آزمایش چشایی در این ماهی قاپیدن و

حفظ آن در دهان بود. با توجه به اینکه ماهی سفید در دسته ماهیانی قرار دارد که از بینایی توسعه یافته برخوردارند، اساس تحریک به وسیله بینایی بوده است و ماهیان مورد آزمایش به محض ورود گرانول‌های آزمایشی به محیط آکواریوم آنها را می‌قاپیدند. گونه‌هایی مانند قزل‌آلا و توربوت نیز عمدتاً بر اساس بینایی تغذیه می‌کنند. این ماهیان تلاش می‌کنند که هر ذره متحرک را در داخل آب بردارند، یک مرتبه بقاپند سپس، بر اساس طعم و بافت آن را قورت داده یا پس دهند. قورت‌دادن یا پس‌دادن نهایی گرانول‌ها به طور معمول بعد از چندین پس‌دادن و قاپیدن مکرر اتفاق می‌افتد (Kasumyan and sidorov, 2005; Kasumyan and Nikolaeva, 2002). در ماهیانی که در آب‌های ساکن یا با جریان کم زندگی می‌کنند، مانند کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کلمه (*Rutilus rutilus*)، میانگین تکرار قاپیدن بیشتر است (Kasumyan and Prokopova, 2001). در ماهی سفید نیز، مشابه سایر کپورماهیان، تکرار در عمل قاپیدن در مواجهه با

نگهداری گرانول در دهان ماهی فرایندی کاملاً پیچیده است که نیازمند تحلیل اطلاعات در مرکز مغز و توسعه پاسخ‌های رفتاری مناسب است (Halpern, 1986). مدت زمان لازم برای پاسخ چشایی رفتاری در ماهی به فاکتورهای بسیاری بستگی دارد؛ برای مثال، در انسان و ماهی به غلظت مواد بستگی دارد. با افزایش غلظت، مدت نگهداری و در نتیجه مدت پاسخ چشایی رفتاری افزایش می‌یابد. در انسان این ارتباط معکوس است و افزایش غلظت مدت پاسخ چشایی را کاهش می‌دهد (ibid). مدت تماس طولانی با ماده غذایی به ماهی کمک می‌کند که اطلاعات کافی از ویژگی‌های چشایی طعمه به دست آورد (Marusov and Kasumyan, 2010). در ماهی سفید، افزایش غلظت در مواد مورد آزمایش باعث کاهش معنی‌دار در مدت نگهداری در دهان شد. نتایج تغییر غلظت اسید آمینه سیستمین در کپور معمولی (Kasumyan and Morsi, 1996) و سیستمین و مالتیک اسید در لای ماهی متفاوت بوده و در این دو گونه، در غلظت‌های پایین، مدت نگهداری در دهان تفاوتی با شاهد نداشته است، اما در غلظت بالا، این مدت با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد افزایش یافته است. البته باید توجه داشت که در این دو گونه میزان مطلوبیت اسیدهای آمینه فوق در غلظت‌های بالا بیشتر است؛ در حالی که، در ماهی سفید عکس این موضوع برقرار است. بنابراین، می‌توان گفت نگهداری گرانول‌ها در دهان وابستگی بیشتری به میزان مطلوبیت مواد دارد تا غلظت آنها، چراکه زمان نگهداری مواد غذایی حاوی مواد دافع کوتاه است و ماهی تلاشی برای گرفتن دوباره آن نمی‌کند (Kasumyan and Doving, 2003). از این نظر نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش درباره سایر کپورماهیان مشابه است.

اسیدهای آمینه مختلف مشاهده شد. تکرار لمس و قاپیدن از عناصر مهم رفتاری برای تعیین ویژگی‌های غذاست که گونه‌های مختلف آن را انجام می‌دهند (Ware, 1972). در حالی که، محرک‌ها تکرار قاپیدن را افزایش می‌دهند، مواد بازدارنده تکرار حرکات قاپیدن را کاهش می‌دهند (Kasumyan and Doving, 2003). در ماهی سفید، تعداد قاپیدن گرانول‌ها در سیستمین و متیونین، که شاخص مطبوعیت پایینی دارند، کمتر از سایر اسیدهای آمینه بود. در ماهی لوچ، که از کپورماهیان است، مواد محرکی که تعداد قاپیدن را افزایش دهند مشاهده نشده است و تعداد قاپیدن در همه اسیدهای آمینه با شاهد اختلاف معنی‌دار نداشته است (Kasumyan and Sidorov, 2003). در حالی که، در کپور معمولی تعداد قاپیدن در اسید آمینه‌های مختلف، متفاوت بوده است. همچنین، لای ماهی از تعداد قاپیدن‌های متفاوت نسبت به اسید آمینه‌های مختلف برخوردار بوده است. قاپیدن‌های مکرر در بیشتر ماهی‌ها با جذابیت چشایی گرانول‌ها همبستگی دارد. در ماهی‌های مختلف این ارتباط می‌تواند مثبت یا منفی باشد، در کلمه، ماهی طلایی (Carassius auratus) و لای ماهی (Tinca tinca) منفی و در گویی (Poecilia reticulata) مثبت است. در کپور معمولی همبستگی معناداری بین تعداد قاپیدن‌های مکرر و جذابیت چشایی انواع غذا وجود ندارد (Kasumyan and Nikolaeva, 2002). در ماهی سفید، تفاوت معنادار در تعداد قاپیدن بین هیچ‌یک از اسیدهای آمینه با مقادیر شاهد وجود نداشت که مشابه نتایج برای کپور معمولی است. انواع اسیدهای آمینه و غلظت‌های مختلف آنها در مدت زمان‌های متفاوتی در دهان حفظ می‌شدند.

اسیدهای آمینه موجود در غذای ماهی‌ها ممکن است نه تنها جاذب باشند، بلکه خواص دافع هم داشته باشند (Kasumyan, 1997). همان طور که در جدول ۶ نشان داده شده است، گونه‌های مختلف کپورماهیان پاسخ‌های چشایی متفاوتی به اسیدهای آمینه مورد آزمایش نشان داده‌اند. به طوری که، همه این مواد برای لای ماهی جاذب و برای گلدفیش، کاراس و کلمه تأثیر خنثی داشته‌اند. از این نظر پاسخ چشایی ماهی سفید به طور کامل مشابه هیچ‌یک از کپورماهیان نیست. با وجود اینکه ماهی سفید و ماهی کلمه متعلق به یک جنس‌اند و از منابع غذایی مشابه شامل ژئوپلانکتون‌ها و نرم‌تنان تغذیه می‌کنند (Abdoli and Naderi, 2009)، اما هیچ‌یک از اسیدهای آمینه فوق برای کلمه جاذب نبوده‌اند. داشتن ترجیح چشایی متفاوت به ماهیان اجازه می‌دهد که در شرایطی با وضعیت غذایی بدتر بتوانند از انواع غذاهای مختلف تغذیه کنند (Mikhailova and Kasumyan, 2006)، اما به طور کل ارتباط بین ترجیح چشایی و طیف‌های وسیع غذایی با ترکیب موجودات غذایی مصرف‌شده اغلب مشخص نیست (Kasumyan and Nikolaeva, 2002). در برخی موارد نشان داده شده است که اسیدهای آمینه غیر ضروری از اثر تحریکی بیشتری در سیستم چشایی برخوردارند (Kasumyan and Doving, 2003).

بر اساس گزارش‌های به‌دست‌آمده، تعدادی از اسیدهای آمینه در ماهیان گوشت‌خوار محرک‌اند؛ در حالی که، در ماهیان گیاه‌خوار برخی دیگر از اسیدهای آمینه می‌توانند سبب تحریک غذاگیری در ماهی شوند (Kasumyan, 2002). اطلاعات در مورد ترجیح‌های چشایی در گونه‌های با اکولوژی و چرخه زندگی متفاوت خیلی محدود است.

رابطه مثبت و قوی بین مدت نگهداری در دهان بعد از اولین قاپیدن و جذابیت مواد محرک در ماهی‌های بتوزخوار و ماهی‌های مشابه مثل کپور معمولی، گویی (*Poecilia reticulata*) و گلدفیش (*Carassius auratus*) یافت شده است (Kasumyan and Morsi, 1996; Kasumyan and Nikolaeva, 2002). برای مثال، در آزمایش‌های انجام‌گرفته با اسیدهای آمینه، به‌منزله مواد محرک سیستم چشایی، مدت نگهداری بعد از اولین قاپیدن در ماهی آزاد خزر (*Salmo trutta caspius*) از ۰/۹ تا ۳/۵ و در ماهی آزاد چام (*Oncorhynchus keta*) از ۰/۱ تا ۳/۳ ثانیه متغیر بود، و در کپور معمولی، لای ماهی (*Tinca tinca*) و گویی به ترتیب از ۱/۵ تا ۱۶/۵، ۱/۵ تا ۲۳ و ۱/۲ تا ۹/۶ ثانیه متغیر بوده است (Kasumyan and Morsi, 1996). در پژوهش حاضر نیز چنین ارتباطی مشاهده شد، مدت نگهداری بعد از اولین قاپیدن از ۰/۶۶ تا ۵ ثانیه متغیر بود که نسبت به سایر کپورماهیان کوتاه است. انتخاب مواد جاذب از سوی ماهی و عکس‌العمل بلع نیازمند زمانی طولانی‌تر نسبت به پس‌دادن انواع غذاهای غیر جاذب است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مواد مطلوب سیستم چشایی مدت طولانی‌تری نسبت به غذاهای غیر مطلوب در دهان حفظ می‌شوند (kasumyan and Doving, 2003).

مدت نگهداری طولانی در حفره دهانی اجازه می‌دهد که ارزیابی ویژگی چشایی غذاها بیشتر صورت گیرد (Kasumyan and Sidorov, 1994). پس‌دادن سریع انواع غذاهای نامطلوب صرف زمان طی مدت تغذیه را کاهش می‌دهد. همان طور که، در مورد سیستم‌های این مدت کوتاه، اما در ارتباط با اسید گلوتامیک و شیره‌نومید که از مصرف بسیار بالایی برخوردار بود این مدت با اختلاف معنی‌دار بالاتر از شاهد بود.

جدول ۶. شاخص مطبوعیت اسیدهای آمینه مورد آزمایش در غلظت ۰/۰۱ + مولار در تعدادی از کپور ماهیان

کلمه ( <i>Rutilus rutilus</i> )	گلدفیش ( <i>Carassius auratus</i> )	کاراس ( <i>Carassius carassius</i> )	کپور معمولی ( <i>Cayprinus carpio</i> )	لای ماهی ( <i>Tinca tinca</i> )	کپور علفخوار ( <i>ctenopharyn godonidella</i> )
۱۷/۶	-۵/۱	-۱۱/۶	۷۴/۱	۸۷/۱	۴۳/۴
۷/۷	-۳۶	-۳/۴	-۸۴/۹	۵۴/۱	-۸۴/۵
۵	-۶۴/۱	۰/۶	۵۵/۷	۷۴/۶	-۱۰۰
۷/۷	۸/۱	۰/۶	۴۲/۳	۲۸/۴	-۶۶/۴

برگرفته از مقاله (kasumyan and Doving 2003)

چشایی اقلام غذایی که برای ساخت جیره استفاده می‌شوند، می‌توان به ترکیب مطبوع و محرک مواد غذایی دست یافت، چراکه جیره کارآمد در آبی پروری نه تنها حاوی مواد غذایی اصلی است، بلکه توانایی تحریک شیمیایی ماهی را نیز دارد (Haræt et al., 1999). موارد مطالعاتی متعدد تأثیر مثبت افزودن اسیدهای آمینه آزاد به جیره و تأثیر آنها در رشد و غذاگیری ماهیان مورد آزمایش را نشان داده‌اند که از این دست می‌توان به افزودن اسیدهای آمینه و مواد محرک به جیره باس دریایی (Dias et al., 1997)، سیم (*Sparus auratus*) (Tandler et al., 1982)، بچه فیل ماهیان (*Huso huso*) (Sudagar et al., 2008) و میگوی سفید هندی (*fenneropenaeus indicus*) (Fekrandish et al., 2007) اشاره کرد.

### تشکر و قدردانی

در نهایت از مسئولان محترم دانشکده شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان برای فراهم کردن تسهیلات و امکانات لازم همچنین، مسئولان، کارشناسان و کارگران کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی سیجوال تشکر و قدردانی می‌شود.

نتایج نشان داده است که ارتباطی بین رژیم همه چیزخواری و تعداد اسیدهای آمینه جاذب و دافع وجود ندارد، اما برخی ویژگی‌ها هنوز به چنین ارتباطی اشاره دارند، زیرا در بسیاری از گونه‌هایی که طیف غذایی وسیعی دارند اسیدهای آمینه دافع یا حضور ندارند یا تعدادشان کم است (Kasumyan and Nikolaeva, 2002). بنابراین، توضیح دقیق این مسئله که چرا یک اسید آمینه دافع و اسید آمینه دیگر جاذب یا خنثی است نیاز به آزمایش‌های بیشتر در یک گونه و سایر گونه‌ها دارد.

با بررسی رفتار و ترجیح چشایی در گونه‌های نزدیک به هم، آگاهی از ارتباط بین ترجیح چشایی ماهیان با موقعیت سیستماتیک و اکولوژیکی آنها امکان پذیر می‌شود (Kasumyan, 1997). همچنین، کارایی بالای مواد بازدارنده و محرک می‌تواند در مدیریت رفتار غذایی ماهی و افزایش جذابیت چشایی غذاها و طعمه‌های مصنوعی ماهی نیز استفاده شود. این موضوع نه تنها هدررفت مستقیم غذاهای مصنوعی در پرورش ماهی را کاهش می‌دهد، بلکه تبدیل کارآمد غذا برای رشد ماهی را آسان می‌کند (Takeda and Takii, 1992). با تعیین مطبوعیت

## References

- [1]. Abdoli, A., Naderi, M., 2009. Biodiversity of fishes of the southern basin of the Caspian sea. Abzian Scientific Publication, pp. 238.
- [2]. Dias, J., Gomes, E.F., Kaushik, S.J., 1997. Improvement of feed intake through supplementation with an attractant mix in European sea bass fed plant-protein rich diets. Aquatic Living Resources 10, 385-389.
- [3]. Fekrandish, H., Abedian, A.M., Matinfar, A., Monfared, N., Dehghani, A., 2007. Influence of betaine and methionine in the diet for stimulating food intake of indian white shrimp (*Fenneropenaeus indicus*). Pajouhesh & Sazandegim 73, 136-147.
- [4]. Gomahr, A., Palazenberger, M., kotrschal, k., 1992. Density and distribution of external taste buds in cyprinid. Environmental Biology of Fish 33, 125-134.
- [5]. Halpern, B.P., 1986. Constraints Imposed on Taste Physiology by Human Taste Reaction Time Data, Neuroscience Behavior. Reserch 10, 135-151.
- [6]. Hara, T. J., Carolsfeld, J., Kitamura, S., 1999. The variability of the gustatory sensibility in salmonids with special reference to strain differences in rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). Fisheries and Aquatic Sciences 56, 13-24.
- [7]. Hara, T.J., Zielinski, B., 2007. Sensory systems neuroscience, Academic Press of Elsevier, pp. 536.
- [8]. Kasumyan, A. O., Prokopova, O. M., 2001. Taste preferences and the dynamics of behavioral taste response in the *Tinca tinca* (Cyprinidae). Ichthyology 41, 640-653.
- [9]. Kasumyan, A. O., Nikolaeva E. V., 2002. Comparative analysis of taste preferences in fishes with different ecology and feeding. Ichthyology 42, 203-S214.
- [10]. Kasumyan, A.O., Marusov, E.A., Sidorov, S.S., 2009. The effect of food odor background on gustatory preferences and gustatory behavior of Carp *Cyprinus carpio* and Cod *Gadus morhua*, Ichthyology 6, 469-481.
- [11]. Kasumyan, A.O., Morsi, A., 1996. Taste sensitivity of common Carp *Cyprinus carpio* to free amino acids and classical taste substances, Ichthyology 36, 391-403.
- [12]. Kasumyan, A.O., Nikolaeva, E.V., 1997. Taste preferences in the Guppy *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes). Ichthyology 37, 696-703.
- [13]. Kasumyan, A.O., Sidorov, S.S., 1994. Taste properties of free amino acids to young juvenile Caspian trout *Salmo trutta caspius*. Ichthyology 3, 831-838.
- [14]. Kasumyan, A.O., 1997. Taste reception and feeding behavior in fishes. Ichthyology 37, 78-93.
- [15]. Kasumyan, A.O., Doving, B., 2003. Taste preferences in fishes. Fish and fisheries 4, 289-347.
- [16]. Kasumyan, A.O., Sidorov, S.S., 2005. Taste preferences in fish with chronic anosmia. Journal of Ichthyology 45(3). 539-547.
- [17]. Marusov, E.A., Kasumyan, A.O., 2010. Feeding behavior mediated by chemoreception in the Bitterling *Rhodeus sericeus amarus*. Journal of Ichthyology 50. 1036-1042.
- [18]. Mikhailova, E.S., Kasumyan, A.O., 2006. Comparison of taste preferences in the Three-

- Spined *Gasterosteus aculeatus* and Nine-spined *Pungitius pungitius* Sticklebacks from the White Sea Basin. *Ichthyology* 46. 151–160.
- [19]. Sudagar, M., Gafari, V., Hosseini, S.A., Gorgin, S., Aghili, K., 2008. Effect of amino acids Aspartic and Alanine as a feed attractant affecting growth and feed conversion of juvenile beluga (*Huso huso*). *Agriculture Science and Natural Resource* 15, 80-95.
- [20]. Takeda, M., Takii, K., 1992. Gustation and nutrition in fishes: Application to aquaculture, in fish chemoreception, Hara, T.J., Ed., London: Chapman and Hall, pp. 271–287.
- [21]. Tandler, A., Berg, B.A., Kisil, G.W., Mackie, A.M., 1982. Effect of food attractants on appetite and growth rate of gilthead bream, *sparus auratus*. *fish biology* 20, 673-671.
- [22]. Ishimaru, Y., Okada S., Naito, H., Toshitada, N., Yasuoka, A., Matsumoto, I., Abe, Keiko., 2005. Two families of candidate taste receptors in fishes. *Mechanisms of Development* 122, 1310–1321.
- [23]. Ware, D.M., 1972. Predation by Rainbow trout (*Salmo gairdneri*): The influence of hunger, prey density, and prey size. *Journal of Fish Research* 29, 1193–1201.