

(OPEN ACCESS)

Evaluation of serum protein pattern and growth parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with Bromelain diet

Hamed Azadi¹, Mohammad Mazandarani^{*2}, Roghieh Safari³,
Seyed Hossein Hoseinifar⁴, Valiollah Jafari⁵, Seyed Aliakbar Hedayati⁶

1. Ph.D. Student of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: azadi404@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mazandarani57@gmail.com
3. Associate Prof., Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: fisheriessafari@yahoo.com
4. Professor, Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hosseinhoseinifar@gmail.com
5. Associate Prof., Dept. of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: v.jafari.sh110@gmail.com
6. Professor, Dept. of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: marinebiology1@gmail.com

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 09.04.2023

Revised: 09.27.2023

Accepted: 09.30.2023

Keywords:

Bromelain,
Condition factor,
Feed Conversion Ratio,
Growth factor,
Rainbow trout,
SDS PAGE

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate how a bromelain diet affects the growth parameters and serum protein patterns of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). For the study, four groups of fish were used: one group was given a basic diet (control group) and the other three groups were given diets with varying concentrations of bromelain (0.5%, 1%, and 2%). Each treatment was replicated three times. A total of 300 fingerling rainbow trout, with an average weight of 2.5 ± 0.5 grams, were randomly placed in tanks containing 100 liters of water. The experimental diets were given for 8 weeks. Firstly, the fish were monitored for any significant differences in growth parameters and serum protein patterns. Secondly, the results were analyzed to determine the effects of the bromelain diet. Finally, the findings were used to draw conclusions. The research findings indicate an increase in peptide band density in the second (1 g) and third (2 g) treatments, and a decrease in the first treatment (0.5 g), as shown by the serum protein pattern. Although the examination of growth factors did not reveal any significant differences in body weight gain, percentage of body weight gain, specific growth rate, condition factor, and food conversion ratio ($P \geq 0.05$), the survival index of the experimental treatment group was significantly different from the control group ($P \leq 0.05$). In summary, the results suggest the positive impact of bromelain on increasing protein availability, growth, and survival in fish. Sequentially, the serum protein pattern displayed an increase in peptide band density in the second (1 g) and third (2 g) treatments and a decrease in the first treatment (0.5 g). The significant difference in the survival index of the experimental treatment group from the control group ($P \leq 0.05$) highlights the positive impact of bromelain on protein availability, growth, and survival in fish. The examination of growth factors did not reveal any

significant differences in body weight gain, percentage of body weight gain, specific growth rate, condition factor, and food conversion ratio ($P \geq 0.05$). Nonetheless, the research findings provide valuable insight into the beneficial effects of bromelain on fish.

Cite this article: Azadi, Hamed, Mazandarani, Mohammad, Safari, Roghieh, Hoseinifar, Seyed Hossein, Jafari, Valiollah, Hedayati, Seyed Aliakbar. 2025. Evaluation of serum protein pattern and growth parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with Bromelain diet. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (1), 209-220.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/japu.2023.21709.1813

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

ارزیابی الگوی پروتئینی سرم و پاراسنجه‌های رشد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تغذیه شده با جیره حاوی بروملین (Bromelain)

حامد آزادی^۱، محمد مازندرانی^{۲*}، رقیه صفری^۳، سید حسین حسینی‌فر^۴، ولی‌اله جعفری^۵، سید علی اکبر هدایتی^۶

۱. دانشجوی دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: azadi404@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mazandarani57@gmail.com
۳. دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: fisheriessafari@yahoo.com
۴. استاد گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: hossein hoseini far@gmail.com
۵. دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: v.jafari.sh110@gmail.com
۶. استاد گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: marinebiology1@gmail.com

چکیده	اطلاعات مقاله
ارزیابی الگوی پروتئینی سرم و پاراسنجه‌های رشد در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) تغذیه شده با جیره حاوی بروملین (Bromelain) در پژوهش حاضر بررسی گردید. بدین منظور تعداد ۳۰۰ ماهی انگشت‌قد قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن متوسط $2/5 \pm 0/5$ گرم به صورت تصادفی در مخازنی با حجم آب ۱۰۰ لیتر قرار داده شدند. در این پژوهش سه تیمار با سطوح مختلف بروملین (۰/۵، ۱ و ۲ درصد) در جیره غذایی پایه به همراه یک گروه شاهد (هر تیمار با سه تکرار) طراحی شد و ماهیان آزمایشی به مدت ۸ هفته با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. الگوی پروتئینی سرم افزایش واضح تراکم باندهای پپتیدی در تیمار دوم (۱ گرم) و سوم (۲ گرم) و کاهش تراکم باند در تیمار اول (۰/۵ گرم) را نشان داد. هم‌چنین بررسی فاکتورهای رشد تفاوت معنی‌داری را در افزایش وزن بدن، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، فاکتور وضعیت و ضریب تبدیل غذایی نشان نداد ($P \geq 0/05$)، اما شاخص بازماندگی در سه تیمار آزمایشی نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری داشت ($P \leq 0/05$). به‌طور	نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۸ واژه‌های کلیدی: الکتروفورز SDS PAGE، بروملین، رشد، ضریب تبدیل غذایی، فاکتور وضعیت، قزل‌آلای رنگین‌کمان

کلی نتایج پژوهش نشان‌دهنده تأثیر مثبت بروملین بر افزایش در دسترس قرار گرفتن پروتئین‌ها، رشد و بازماندگی ماهی می‌باشد.

استناد: آزادی، حامد، مازندرانی، محمد، صفری، رقیه، حسینی‌فر، سید حسین، جعفری، ولی‌اله، هدایتی، سید علی‌اکبر (۱۴۰۴). ارزیابی الگوی پروتئینی سرم و پاراسنج‌های رشد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تغذیه شده با جیره حاوی بروملین (Bromelain). نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۴ (۱)، ۲۲۰-۲۰۹.
DOI: 10.22069/japu.2023.21709.1813



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) معمولاً در زیستگاه‌های آب شیرین و سرد مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و نه‌رها یافت می‌شود (۱). سهم ایران از مجموع تولیدات جهانی ماهی قزل‌آلا در سال ۱۴۰۱ بیش از ۱۸۹۹۳۲ تن بوده است (۲).

در آبی‌پروری، بروملین به عنوان یک پریوتیک کاربرد دارد. پریوتیک‌ها مکمل‌های غذایی سازگار با محیط زیست هستند که در آبی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرند و به رشد سریع، کارایی تغذیه، عملکرد رشد و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها کمک کنند. فعالیت پروتئولیتیک محلول‌های غلیظ بروملین حداقل برای ۱ هفته در دمای اتاق نسبتاً پایدار باقی می‌ماند و نسبت به محلول‌های رقیق در خوراک، در برابر غیرفعال شدن خود به خودی فعالیت پروتئولیتیک آن‌ها مقاومت بیشتری دارد (۳). هم‌چنین بروملین از نظر بیولوژیکی با نیمه عمر ۶-۹ ساعت در بدن انسان فعال است (۴). فعالیت آنزیمی بروملین طیف وسیعی از pH را از ۵/۵ تا ۸/۰ پوشش می‌دهد (۵) در حالی‌که دامنه مطلوب اثرگذاری آن در pH معادل ۷/۰-۶/۰ است (۶) بروملین پتانسیل زیادی برای تأثیر بر چندین عملکرد فیزیولوژیکی دارد. در درجه اول، به عنوان یک آنزیم، هیدروژن پروتئین را با هیدرولیز بخشی از مولکول‌ها به پپتیدهای کوچک‌تر تبدیل می‌کند و در دسترسی به مواد مغذی موجود در غذا را تسهیل می‌کند (۷). هم‌چنین سیستم ایمنی را از طریق فعال‌سازی سلول‌های کشنده طبیعی تعدیل کرده و پاسخ ایمنی سلول‌های T و B در خون را تسهیل می‌کند (۸). بروملین از چسبندگی بیش از حد پلاکت‌ها جلوگیری می‌کند و خطر ترومبوز را کاهش می‌دهد (۹). علاوه بر این، ضد ورم و ضد سرطان است و دارای خواص ضد التهابی و آنتی‌بیوتیکی

است (۱۰). بروملین و کورکومین در مراحل اصلی یا پاتوفیزیولوژیکی covid-19 دخالت می‌کند. این دو سب کاهش و مهار واسطه‌های پیش‌التهابی مثل فرآیند سیکلوکسیژناز، التهاب و انعقاد و تعدیل پروستاگلاندین‌ها و ترومباکسان‌ها و تعدیل هیدرولیز برادی کینین می‌شوند (۱۱). دکا و همکاران یک تیمار تغذیه به مدت ۶۰ روز برای مطالعه استفاده از ضایعات فرآوری میوه‌ها به عنوان ماده غذایی در رژیم غذایی بچه‌ماهی‌های *Labeo rohita* انجام دادند که باعث افزایش رشد و فعالیت پرتناز شد و نتیجه گرفتند که ضایعات پرتقال، آناناس و لیموترش شیرین را می‌توان در سطح ۲۵ درصد به عنوان جایگزین آرد گندم و سبوس برنج در رژیم غذایی *Labeo rohita* استفاده کرد (۱۲). پژوهش‌گران چهار آنزیم پروتئولیتیک تجاری موجود در محدوده وسیع pH را به عنوان افزودنی‌های خوراک میگو (*Litopenaeus vannamei*) ارزیابی کردند. اگرچه قابلیت هضم آزمایشگاهی نشان‌دهنده وجود آنزیم‌های فعال در خوراک بود، آزمایش تغذیه نشان داد که رشد میگو با گنجاندن پروتئازها در این خوراک‌ها افزایش نمی‌یابد (۱۳). افزودن مکمل بروملین به جیره غذایی بچه‌ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) به‌طور قابل‌توجهی ارتفاع چین‌های مخاطی، انتروسیست‌ها و ناحیه فوق هسته‌ای سلول‌های اپیتلیال را نسبت به جیره شاهد افزایش داد. هم‌چنین فعالیت آنزیمی لیپاز و پپسین در ماهیان تغذیه شده با جیره B1 و B2 به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بالاتر بود. بیش‌ترین فعالیت لیزوزیم، سطح پروتئین تام و ایمونوگلوبولین تام در ماهیان تغذیه شده با جیره B2 نسبت به شاهد مشاهده شد (۱۴).

از روش الکتروفورز SDS PAGE برای مقایسه و یا مشاهده تأثیر عوامل محیطی بر روی الگوی پروتئینی در ماهیان استفاده می‌شود. در برخی

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی بچه‌ماهی‌ها: مطالعه حاضر در آزمایشگاه دانشکده شیلات و محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. به‌همین منظور تعداد ۳۰۰ ماهی انگشت قد قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) با میانگین وزن 0.5 ± 0.2 گرم خریداری و به سالن آبی‌پروری شهید ناصر فضلی برآبادی منتقل شد. ماهیان در بدو ورود با حمام فرمالین ۱:۴۰۰۰ ضدعفونی و به مدت ۲ هفته جهت سازگاری با شرایط پرورشی در سالن نگهداری شدند. سپس ماهیان به صورت تصادفی در مخازن ۲۰۰ لیتری قرار داده شده، و ۴ تیمار تغذیه‌ای با ۳ تکرار شامل، جیره فاقد بروملین به عنوان شاهد (تیمار ۱)، جیره حاوی ۰/۵ درصد بروملین (تیمار ۲)، جیره حاوی ۱ درصد بروملین (تیمار ۳) و جیره حاوی ۲ درصد بروملین (تیمار ۴) تهیه شدند.

آماده‌سازی غذا: بروملین به صورت تجاری از برند سیگما-الدريج (B4882 Sigma-Aldrich) خریداری شد. ترکیب موردنظر با توجه به مقادیر تعیین شده از مواد انتخابی در ۱۰ میلی‌لیتر آب سوسپانسیون شده و به صورت اسپری به غذا افزوده شد (۲۲).

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد: به‌منظور بررسی شاخص‌های رشد در پایان دوره پرورش؛ همه ماهی‌ها در هر گروه به‌وسیله ترازوی دیجیتالی (با دقت میلی‌گرم) وزن شد و میزان افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذا، نسبت کارایی غذا و ضریب چاقی با استفاده از فرمول‌های زیر به‌صورت شاخص‌های عملکرد رشد محاسبه گردید (۲۳).

مطالعات نشان داده شده که باند پروتئینی برای هر گونه مشخص است (۱۵، ۱۶، ۱۷). شرایط محیطی منجر به تغییر در مقدار و تعداد پروتئین‌ها، که محصولات بیان ژن هستند، می‌شود. روش‌های NativePAGE و SDS-PAGE در جداسازی پروتئین‌های نمونه‌های ماهی که ساختار آن‌ها در اثر قرار گرفتن در معرض فشار بالا تغییر می‌کند، کارآمد می‌باشند (۱۸). پژوهش‌گران پروتئین‌های کبد سه گونه ماهی مختلف را با استفاده از تکنیک SDS-PAGE تجزیه و تحلیل نموده و شباهت‌ها و تفاوت‌های بین گونه‌ها با این روش مشخص شد. علاوه بر این، با توجه به نتایج مطالعات پیشنهاد شده که روش SDS-PAGE برای بررسی جنبه‌های سم‌شناسی گونه‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (۱۹). گروه دیگری از پژوهش‌گران با استفاده از روش‌های مختلف رنگ‌آمیزی SDS-PAGE توانستند نمونه‌های ماهی فرآوری شده را تشخیص دهند (۲۰). پژوهش‌گران اثرات ذوب در آب جاری، میکروویو و دمای اتاق بر کیفیت پروتئین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و ساردین (*Sardina pilchardus*) توسط SDS PAGE بررسی کردند و نشان دادند که روش‌های مختلف ذوب باعث دنا توره شدن پروتئین از طریق پیوندهای کووالانسی دی سولفیدی نمی‌شود (۲۱).

با توجه به اهمیت کیفیت جیره‌های غذایی در تغذیه و تولید ماهیان پرورشی، مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیر بروملین در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر رشد و الگوی پروتئین‌های سرم انجام شد تا پتانسیل این ترکیب سودمند غذایی را در افزایش تولید ماهی ارزیابی گردد.

افزایش وزن بدن

وزن اولیه بر حسب گرم - وزن نهایی بر حسب گرم = BWI

درصد افزایش وزن بدن

$$BWI (\%) = \frac{(\text{وزن اولیه بر حسب گرم} - \text{وزن نهایی بر حسب گرم})}{\text{وزن اولیه بر حسب گرم}} \times 100$$

نرخ رشد ویژه

$$SGR = \frac{(\text{لگاریتم طبیعی وزن اولیه} - \text{لگاریتم طبیعی وزن نهایی})}{\text{طول دوره‌ی پرورش به روز}} \times 100$$

فاکتور وضعیت

$$CF = \frac{\text{وزن بر حسب گرم}}{(\text{طول بر حسب سانتی‌متر})^3} \times 100$$

ضریب تبدیل غذایی

$$FCR = \frac{\text{مقدار غذای خورده شده بر حسب گرم}}{\text{افزایش وزن بر حسب گرم}}$$

محاسبه شاخص بازماندگی (درصد بقا)

$$\text{درصد بقا} = \frac{\text{تعداد ماهیان مرده در طول دوره آزمایش} - \text{تعداد ماهیان در ابتدای دوره‌ی آزمایش}}{\text{تعداد ماهیان در ابتدای دوره‌ی آزمایش}} \times 100$$

شرکت سینا ژن به عنوان راهنمای وزن مولکولی استفاده شد.

مطالعه‌های آماری: داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری IBM®SPSS® نسخه ۲۲ (USA, IL, SPSS Inc.) تجزیه و تحلیل و توسط آزمون ANOVA یک‌طرفه در سطح احتمال ۵ درصد (مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (Duncan) در سطح اطمینان (Significant) ۹۵ درصد انجام شد. آنالیز SDS PAGE با استفاده از نرم‌افزار Gel analyzer انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی پاراسنج‌های رشد نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در پاراسنج‌های افزایش

بررسی الگوی پروتئینی: جهت اندازه‌گیری پروفایل پروتئینی سرم قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای مختلف از روش الکتروفورز PAGE-SDS اصلاح شده توسط لاثملی (۲۴) انجام شد. به این منظور نمونه‌ها پس از استخراج توسط بافر فسفات (PBS) به نسبت یک به یک (حجمی - حجمی) با بافر نمونه مخلوط و ده درصد به آن بتامرکاپتواتانول اضافه شد. انکوباسیون نمونه‌ها در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه انجام شد و پس از سه دقیقه سانتریفیوژ در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه، به مقدار ۲۵ میکرولیتر در هر چاهک لود شدند. رنگ‌آمیزی ژل به وسیله روش کوماسی بلو انجام شد. همچنین از لدر پیش‌ساخته پروتئینی (۱۱ تا ۲۴۵ کیلودالونی)

وزن بدن، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، فاکتور وضعیت و ضریب تبدیل غذایی وجود نداشت (جدول ۱). از طرفی شاخص بازماندگی در هر سه تیمار آزمایشی افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P \leq 0/05$). مطالعات بسیار کمی اثرات آنزیم بروملین بر روی عملکرد رشد و استفاده از غذا در ماهیان را گزارش کرده‌اند. در مطالعه‌ای با افزودن مخلوط ۱ یا ۲ درصد بروملین و پاپائین در جیره غذایی ماهی کپور علفخوار و کفال خاکستری به‌طور قابل‌توجهی SGR، PER و پروتئین‌های خالص قابل‌هضم را افزایش داد (۲۵). در مطالعه‌ای بر روی میگو، مشخص شد که قابلیت هضم پروتئین خام در میگوهای سفید اقیانوس آرام، *Litopenaeus vannamei* که با رژیم غذایی بروملین ۰/۴ درصد تغذیه شده بود (۷۴/۳ درصد) نسبت به میگوهای که از رژیم غذایی کنترل تغذیه می‌کردند، به‌طور قابل‌توجهی بالاتر بود (۶۵/۳ درصد) (۱۳). برای استفاده از ضایعات آناناس (۱۲) گزارش دادند که SGR و PER، ماهی روهو (*Labeo rohita*) در رژیم غذایی حاوی ۲۵ درصد ضایعات آناناس نسبت به گروه شاهد با سایر خوراک‌های ضایعات میوه مانند پرتقال و لیموترش به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر بود. همچنین در مطالعه‌ای دیگر استفاده از بروملین در جیره غذایی ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) سبب افزایش رشد در تیمار حاوی ۲ درصد بروملین شد (۱۴). تأثیر مثبت بروملین بر رشد می‌تواند هزینه‌های تولید ماهیان پرورشی را کاهش دهد.

جدول ۱- نتایج بررسی پاراسنجه‌های رشد در شاهد و تیمارهای تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۵، ۱ و ۲ گرم بروملین.

Table 1. Results of growth parameters in the control group and treatments fed diets containing 0.5, 1 and 2 grams of bromelain.

شاهد	تیمار ۱ (۰/۵ گرم)	تیمار ۲ (۱ گرم)	تیمار ۳ (۲ گرم)
وزن اولیه	2.52 ± 0.03	2.54 ± 0.03	2.55 ± 0.02
وزن نهایی	18.79 ± 0.42	18.77 ± 0.18	18.83 ± 0.25
افزایش وزن بدن	16.27 ± 0.40	16.23 ± 0.33	16.28 ± 0.25
درصد افزایش وزن بدن	644.64	638.007	639.26
نرخ رشد ویژه (درصد)	3.35 ± 0.03	3.33 ± 0.02	3.33 ± 0.04
فاکتور وضعیت	0.917 ± 0.03	0.916 ± 0.02	0.919 ± 0.01
ضریب تبدیل غذایی	1.11 ± 0.12	1.12 ± 0.08	1.11 ± 0.05
شاخص بازماندگی (درصد)	80 ± 0.5^a	86.67 ± 0.2^b	86.67 ± 0.5^b

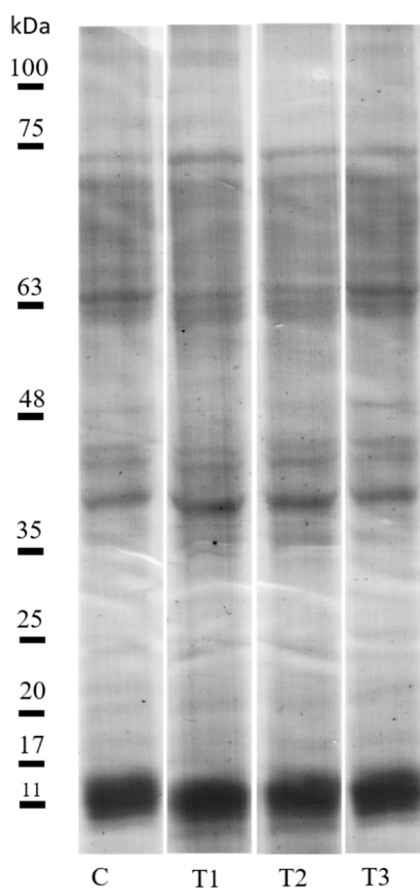
^a حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار هستند ($P \leq 0/05$)

بروملین که یکی از پروتئازهای سیستمین مانند پاپائین و فیکائین و متعلق به گروه آنزیم‌های سولفیدریل پروتئاز هستند به‌عنوان ترکیب فیتوشیمیایی استفاده می‌شوند (۱۴). کاربرد سیستمین پروتئازها در صنعت خوراک دام عبارت است از افزایش قابلیت هضم و

طعم قابل‌قبول خوراک (۲۶). در واقع بروملین قادر است پروتئین‌های خوراک را هیدرولیز کند و به پروتئین‌های کوچک‌تر و پپتیدها با قابلیت هضم بالاتر تبدیل نماید.

(۱ درصد)، باند ۴۸ کیلودالتون در تیمار سوم (۲ درصد) و باند ۷۴ کیلودالتونی در تیمار اول (۰/۵ درصد) به وضوح قابل مشاهده است. همچنین کاهش ضخامت باند ۱۲۰ کیلودالتونی در تیمار دوم (۱ درصد) نسبت به شاهد و سایر تیمارها قابل مشاهده است.

نتایج حاصل از آنالیز پروفایل پروتئینی سرم در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که تمرکز پراکنش باندهای پپتیدی بین ۱۱ تا ۱۰۰ کیلودالتون می‌باشد. و در هر تیمار بین ۱۰ تا ۱۲ باند مشخص وجود دارد (شکل ۱). افزایش ضخامت باندها نسب به تیمار شاهد در باند ۳۵ کیلودالتونی در تیمار دوم



شکل ۱- نمای کلی نتیجه بررسی الگوی پروتئینی سرم در تیمارهای مختلف در مقایسه با شاهد، به ترتیب C تیمار شاهد، T1 تیمار ۰/۵ درصد، T2 تیمار ۱ درصد و T3 تیمار ۲ درصد بروملین می‌باشد.

Figure 1. Overview of serum protein pattern in different treatments.
C: Control, T1: 0.5% bromelain, T2: 1% bromelain and T3: 2% bromelain.

غنی و همکاران الگوی پروتئینی سرم خون و موکوس پوست ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در مواجه با تنش شوری را مقایس کردند و نشان دادند که تراکم باندهای مشاهده شده به ترتیب در سرم و موکوس، ۳۲ تا ۷۰ و ۹ تا ۷۰ کیلودالتون بود، همچنین

حضور باندهای با تراکم بالاتر در مطالعه حاضر می‌تواند از پروتئین‌های موجود در بروملین که باعث هیدرولیز پروتئین‌های جیره به پپتیدهای پروتئینی کوچکتر با قابلیت هضم بالاتر می‌شود، ناشی شود (۲۷).

فیل ماهی در گروه‌های وزنی مختلف دارای ترکیب و ساختار مشابهی هستند (۳۰). چانگ و همکاران نشان دادند که الگوی پروتئینی موکوس ماهیان مولد و ماهیان جوان مشابه بود با این حال بیان برخی پروتئین‌های تفاوت داشتند (۳۱). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اضافه کردن بروملین به جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان باعث افزایش پروتئین خام قابل‌هضم و در دسترس و افزایش بقا می‌شود و می‌تواند تغییرات محسوسی بر روی الگوی پروتئینی موکوس داشته باشد.

تعداد و تراکم باندهای پروتئینی موکوس نسب به سرم کم‌تر بود (۲۸). در مطالعه‌ای دیگر مشخصات مورفومتریک نتاج F1 هیبرید بین *Oreochromis nitolicus* و *Sarotherodon galileus* را با استفاده از SDS-PAGE تکمیل و تأیید شد، که نشان داد نتاج هیبریدی بیش‌تر از والدین مذکر خواص بیوشیمیایی مادری را به ارث برده‌اند و ماده‌ها دارای پروتئین‌های با وزن مولکولی بالاتری هستند درحالی‌که نرها پروتئین‌هایی با وزن مولکولی پایینی را نشان دادند (۲۹). خانی و همکاران نشان دادند که الگوی پروتئینی موکوس اپیدرم

منابع

1. Talbot, C., & Hardy, R. (2022). 'Oncorhynchus mykiss (rainbow trout), CABI Compendium. doi: 10.1079/cabicompendium.71813.
2. Statistical yearbook of Iran Fisheries Organization. (2022). <http://www.khshilat.ir/fa/yearbook>. [Translated in Persian]
3. Hale, L. P., Greer, P. K., Trinh, C. T., & James, C. L. (2005). Proteinase activity and stability of natural bromelain preparations. *International Immunopharmacology*, 5, 783-793. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2004.12.007>.
4. Rathnavelu, V., Alitheen, N. B., Sohila, S., Kanagesan, S., & Ramesh, R. (2016). Potential role of bromelain in clinical and therapeutic applications. *Biomedical Reports*, 5, 283-288. <https://doi.org/10.3892/br.2016.720>.
5. Manzoor, Z., Nawaz, A., Mukhtar, H., & Haq, I. (2016). Bromelain: methods of extraction, purification and therapeutic applications. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 59, 1590-1670. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2016150010>.
6. Pavan, R., Jain, S., Shraddha, & Kumar, A. (2012). Properties and therapeutic application of bromelain: A review. *Biotechnology Research International*, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2012/976203>.
7. Fennema, O. R. (1996). Food chemistry. CRC Press. (Vol. 76).
8. Engwerda, C. R., Andrew, D., Ladham, A., & Mynott, T. L. (2001). Bromelain modulates T cell and B cell immune responses in vitro and in vivo. *Cellular Immunology*, 210, 66-75. <https://doi.org/10.1006/cimm.2001.1807>.
9. Orsini, R. A. (2006). Bromelain. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 118, 1640-1644. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000242503.50548.ee>.
10. Reddy, K. K., Grossman, L., & Rogers, G. S. (2013). Common complementary and alternative therapies with potential use in dermatologic surgery: Risks and benefits. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 68, 127-135. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2011.06.030>.
11. Chakraborty, A. J., Mitra, S., Tallei, T. E., Tareq, A. M., Nainu, F., Cicia, D., Dhama, K., Emran, T. B., Simal-Gandara, J., & Capasso, R. (2021). Bromelain a potential bioactive compound: a comprehensive overview from a pharmacological perspective. *Life*, 11 (4), 317.
12. Deka, A., Sahu, N. P., & Jain, K. K. (2003). Utilization of fruit processing wastes in the diet of *Labeo rohita* fingerling. *Asian-Australasian Journal*

- of Animal Sciences*, 16, 1661-1665.
<https://doi.org/10.5713/ajas.2003.1661>.
13. Divakaran, S., & Velasco, M. (1999). Effect of proteolytic enzyme addition to a practical feed on growth of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, 30, 335-339. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00333.x>.
14. Wiszniewski, G., Jarmolowicz, S., Hassaan, M. S., Mohammady, E. Y., Soaudy, M. R., Łuczyńska, J., ... & Siwicki, A. (2019). The use of bromelain as a feed additive in fish diets: Growth performance, intestinal morphology, digestive enzyme and immune response of juvenile Sterlet (*Acipenser ruthenus*). *Aquaculture Nutrition*, 25 (6), 1289-1299.
15. Yılmaz, M., Çiğremiş, Y., Türköz, Y., & Gaffaroglu, M. (2005). A taxonomic study on *Orthrias insignis euphraticus* (Banarescu and Nalbant, 1964) and *Cyprinion macrostomus* (Heckel, 1843) by sarcoplasmic protein electrophoresis. *Gazi University Journal of Science*, 18 (1), 61-68.
16. Berrini, A., Tepedino, V., Borromeo, V., & Secchi, C. (2006). Identification of freshwater fish commercially labelled "perch" by isoelectric focusing and two-dimensional electrophoresis. *Food Chemistry*, 96 (1), 163-168.
17. Ganai, F. A., Wani, S., Ahmad, S., Yousuf, A. R., & Tripathi, N. K. (2014). Coupled biochemical genetic and karyomorphological analyses for taxonomic classification-A case study of *Schizothorax* species complex (Teleostei: Cyprinidae). *African journal of Biotechnology*, 13 (15).
18. Etienne, M., Jérôme, M., Fleurence, J., Rehbein, H., Kündiger, R., Mendes, R., ... & Martínez, I. (2001). Species identification of formed fishery products and high pressure-treated fish by electrophoresis: a collaborative study. *Food Chemistry*, 72 (1), 105-112.
19. Muhammad, O. I., Mahmoud, U. M., Fazio, F., & Sayed, A. E. D. H. (2018). SDS-PAGE technique as biomarker for fish toxicological studies. *Toxicology Reports*, 5, 905-909.
20. Martinez, I., Friis, T. J., & Seppola, M. (2001). Requirements for the application of protein sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis and randomly amplified polymorphic DNA analyses to product speciation. *Electrophoresis*, 22 (8), 1526-1533.
21. Tokur, B. (2008). The effects of different thawing methods on protein quality of frozen fish. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 2 (1), 100-106.
22. Aanyu, M. (2016). Effects of phytogenic compounds on growth and nutritional physiology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Ph.D. Thesis, University of Stirling, United Kingdom <http://hdl.handle.net/1893/24824>.
23. El Basuini, M. F., Teiba, I. I., Zaki, M. A., Alabssawy, A. N., El-Hais, A. M., Gabr, A. A., Dawood, M. A. O., Zaineldin, A. I., Mzengereza, K., Shadrack, R. S., & Dossou, S. (2020). Assessing the effectiveness of CoQ10 dietary supplementation on growth performance, digestive enzymes, blood health, immune response, and oxidative-related genes expression of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & shellfish immunology*, 98, 420-428.
24. Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *nature*, 227 (5259), 680-685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>.
25. Choi, W. M., Lam, C. L., Mo, W. Y., & Wong, M. H. (2016). The use of food wastes as feed ingredients for culturing grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) in Hong Kong. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 7178-7185.
26. Hassaan, M. S., El-Sayed, A. I. M., Soltan, M. A., Iraqi, M. M., Goda, A. M., Davies, S. J., El-Haroun, E. R., & Ramadan, H. A. (2019). Partial dietary fish meal replacement with cotton seed meal and supplementation with exogenous protease alters growth, feed

- performance, hematological indices and associated gene expression markers (GH, IGF-I) for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 503, 282-292.
27. Nilsang, S., Lertsiri, S., Suphantharika, M., & Assavanig, A. (2005). Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases. *Journal of food Engineering*, 70 (4), 571-578.
28. Ghani, S., Haji Moradlou, A., Paknejad, H., & Abulfathi, M. (2022). Comparison of some parameters of blood serum and skin mucus in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to salinity challenge. *JAD*. 16 (3), 55-68. [Translated in Persian]
29. Omoniyi, I. T. (1995). Hybridization of *Oreochromis niloticus* (Trewavas) and *Sarotherodon galilaeus* (Linnaeus), assessment of morphometrics and the response of the F1 fry to formulated diets (Doctoral dissertation, Ph.D. Thesis, University of Ibadan).
30. Khani, F., Hajimoradloo, A., Ghorbani, R., Shahbazzadeh, D., & Pooshang Bagheri, K. (2022). Comparison of profile and antimicrobial activity of fresh water reared giant sturgeon (*Huso huso*, Linnaeus, 1758) epidermal mucus in different body sizes. *JAIR*; 10 (1), 51-60. [Translated in Persian]