

پارامتر سازی اثرات میزان و ترکیب غذا بر مدل رشد و ذخیره مواد مغذی در

ماهی قزل آلابی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

سحر عباسی فرد^۱، عبدالصمد کرامت^{۲*}، اسدالله تیموری^۳، حسین رحمانی^۴

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، رشته تکثیر و پرورش آبزیان، ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

۲. استادیار، گروه شیلات، ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

۳. دانشیار، گروه علوم دام، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

۴. دانشیار، گروه علوم شیلات، ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۰۶

*نویسنده مسئول مقاله: amirkola@yahoo.com

می‌توانند در برنامه‌ریزی‌های رشد اقتصادی و توسعه‌ای مفید باشند (Hua et al., 2009). مدل‌های بیوانرژتیک رایج که ذخیره انرژی بدن را تخمین می‌زنند، اطلاعات کمی در رابطه با ترکیب شیمیایی لاشه فراهم می‌کنند. از سوی دیگر، این مدل‌ها دارای محدودیت‌هایی هستند که برای شرایط پیچیده محیطی و تغذیه‌ای که آبی‌پروری با آن مواجه است، کاربری چندانی ندارند. بنابراین نیاز برای مدل‌های تشریحی که بر پایه کاربرد مواد مغذی و فرایندهای بیوشیمیایی درون سلولی پس از مصرف غذا باشند، احساس می‌شود (Bureau & Hua 2008).

این تحقیق به منظور طراحی مدلی به منظور پیش‌بینی دقیق‌تر رشد و ترکیب شیمیایی بدن ماهی قزل‌آلابی رنگین‌کمان انجام شد. چارچوب اصلی کار برگرفته از مدل رشد تحت عنوان (Fish growth simulator; FGS2) برای پیش‌بینی رشد ماهی قزل‌آلابی بود که اثرهای سطوح غذا و ترکیب‌های مختلف غذا روی رشد این ماهی را بررسی

یکی از اهداف علم تغذیه تبدیل مواد غذایی به بافت (افزایش رشد) با کارایی بالا در کمترین زمان ممکن است. به همراه افزایش رشد، کیفیت و ترکیبات تشکیل‌دهنده محصولات تولید شده نیز می‌تواند با اهمیت باشد (Mohiti-Asli et al., 2012). در این باره تعیین رابطه کلی بین مصرف غذا، افزایش وزن و ترکیب شیمیایی بدن به منظور پیش‌بینی رشد و احتیاجات مواد مغذی و نیز مدیریت تولید مفید به نظر می‌رسد (Dumaset al., 2010). از طرفی تعیین روابط بین مصرف غذا و رشد برای انواع مختلف غذا و برای دسته‌های وزنی مختلف ماهیان در شرایط پرورشی مختلف، نیازمند زمان و هزینه بالاست. به این منظور مدل‌سازی می‌تواند به کمک آید و ارتباط بین مصرف غذا و رشد را پیش‌بینی کند و نقش بسیار مهمی را در برنامه‌ریزی برای توسعه آبی‌پروری ایفا کند (Ricker, 1979; Tran-duy, 2008). مدل‌هایی که بتوانند پیش‌بینی دقیق‌تری از رشد و کارایی غذا داشته باشند،

کرده و در زمان خود موفقیت خوبی به همراه داشت (Van Dam and Penning de Vries, 1995). مدل رشد (FGS2) می‌تواند رشد و چربی و پروتئین ذخیره شده را با توجه به میزان و ترکیب غذا و درجه حرارت محیط پیش‌بینی کند. اما این مدل با توجه به گذر زمان و تغییرات به وجود آمده، نیاز به پارامترسازی دوباره دارد. بعضی از پارامترهای مدل FGS2 با پیشرفت تکنولوژی، تغییر ترکیب شیمیایی غذا و بهبود روش‌های اندازه‌گیری دستخوش تغییراتی شده که باید در مدل اصلاح شود. از جمله این پارامترها قابلیت هضم پذیری برای پروتئین، چربی و کربوهیدرات، متابولیسم روتین، متابولیسم تغذیه و رابطه بین پروتئین و وزن تر ماهی هستند. بنابراین هدف اصلی این تحقیق، اصلاح مدل FGS2 به منظور پیش‌بینی دقیق‌تر رشد و ترکیب شیمیایی بدن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* است.

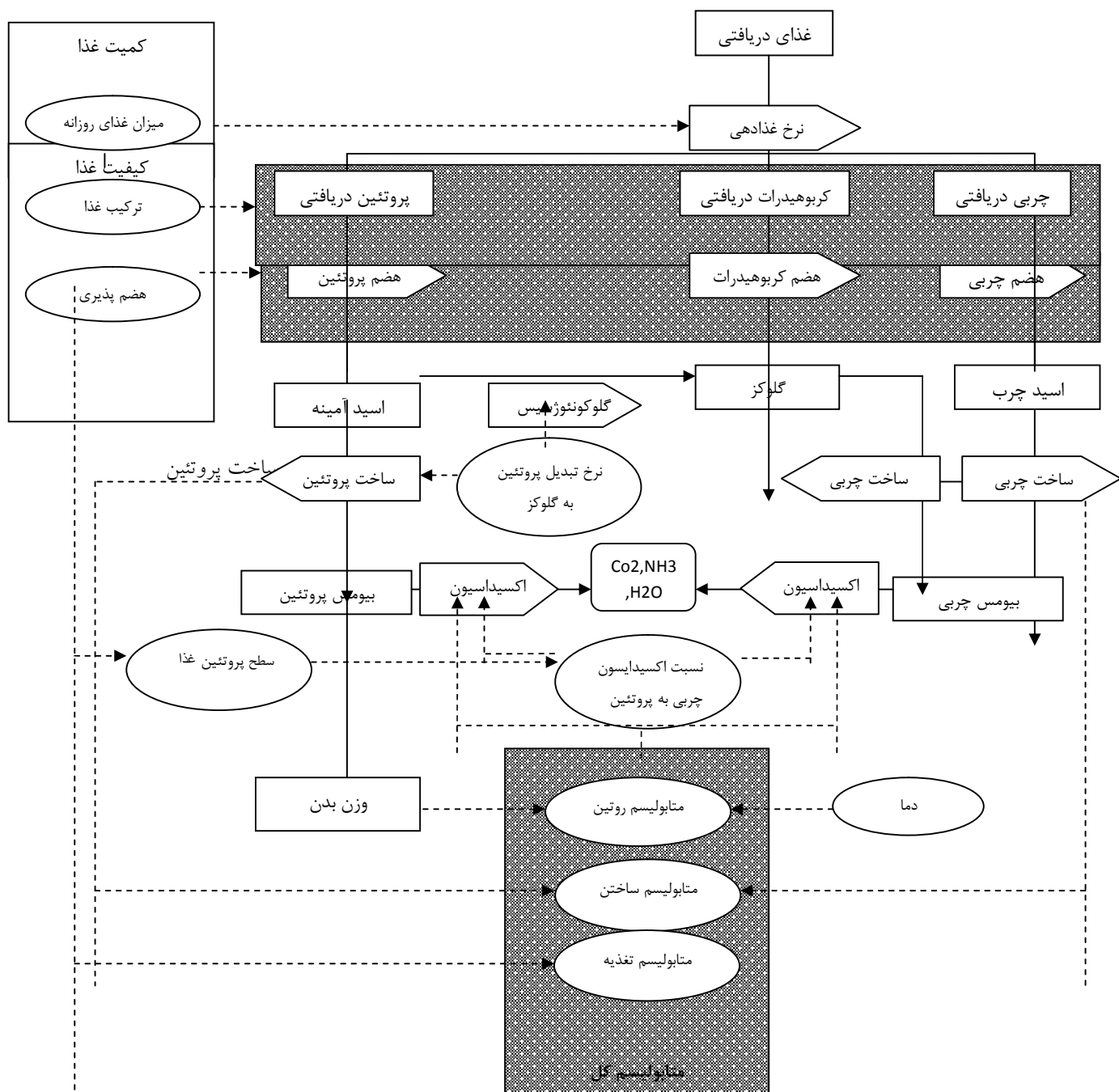
مهم‌ترین اجزای مدل و روابطشان در شکل ۱ نشان داده شده است که بر اساس مدل FGS2 است. نقطه آغازین در این مدل میزان و ترکیب غذای مورد استفاده است.

مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده غذا شامل پروتئین، کربوهیدرات و چربی است. طی فرایند هضم پروتئین، کربوهیدرات و چربی به ترتیب به آمینو اسیدها، گلوکز و اسیدهای چرب و گلیسرول تبدیل می‌شوند. با توجه به اهداف و نوع کارکرد هر مدل اجزای مدل بر اساس آن می‌تواند تعریف و بازنویسی گردد. این اجزا باید قابلیت کمی شدن (محاسبه) در مدل داشته باشند. این پارامترها شامل: ۱. هضم پذیری: که برای پروتئین، چربی و کربوهیدرات به ترتیب ۹۰، ۹۳ و ۴۵ درصد قرار داده شد. (Borquez et al., 2011; Zhang et al., 2012; Palmegiano et al., 2006);

۲. متابولیسم روتین: از معادله Cho, 1992 برای تعیین متابولیسم روتین استفاده شد،

$$[\text{HeE} = (-0.01 + 3.26 \times T - 0.05 \times T^2) \times \text{MBW}]$$

در حالی که HeE گرمای تولید شده در شرایط گرسنگی است (kj /day)، T درجه حرارت آب (°C) و Metabolic Body Weight (MBW) $\text{kgBW}^{-0.8}$ (میزان وزنی متابولیسم)



شکل ۱ دیاگرام روابط میان اجزای مدل (اقتباس از مدل FGS2)

این مطالعه میزان تلفات گرمایی برای هر کدام از مواد مغذی به طور جداگانه بر اساس ترکیب غذا محاسبه و با هم جمع شد.

۳. متابولیسم تغذیه: تلفات گرمایی برای گلوکز ۶٪، میزان گلوکز مصرف شده از طریق غذا، برای چربی ۱۳٪ و برای پروتئین ۳۰٪ اندازه گیری شد (Gordon et al., 1977).

۴. انرژی بیوستتر: انرژی که برای ساخت هر گرم از پروتئین و چربی مصرف می‌شود و بر اساس گزارش Jobling, 1985 به ترتیب ۷۰ و $15 \text{ mol ATP g}^{-1}$ گزارش شد که در این مطالعه نیز همین مقدار قرار داده شد.

۵. رابطه بین پروتئین و وزن بدن: رابطه مستقیم بین وزن بدن و پروتئین ذخیره در بافت‌ها وجود دارد و با افزایش وزن بدن میزان ذخیره پروتئین افزایش می‌یابد (Dumas et al., 2007).

در این تحقیق داده‌های موجود در چهار آزمایش برای تست مدل استفاده شد (Azevedo et al., 1998; Azevedo et al., 2004 a; Bureau et al., 2006). دلیل انتخاب این آزمایش‌ها کامل‌تر بودن داده‌های انتشار یافته و نزدیک‌تر بودن شرایط آزمایشی به همدیگر بود. برای مقایسه نتایج پیش‌بینی مدل با نتایج آزمایش از مقدار RE (Relative error (خطای نسبی) و Average relative error; ARE (میانگین خطای نسبی) استفاده شد که به صورت زیر محاسبه شد (Tran Duy, 2008).

$$RE_i = 100 \times \frac{SW_i - EW_i}{.05 \times (SW_i + EW_i)}$$

$$ARE = \sum_{i=1}^n RE_i$$

در حالی که RE_i خطای نسبی برای مورد SW_i مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل و EW_i مقدار مشاهده شده در آزمایش است.

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان توافق بین مقادیر پیش‌بینی شده (Y) و مشاهده شده (X) برای پروتئین ذخیره شده بدین صورت به دست آمد: $(Y = 1/347X - 0/072)$ تا $5/2\%$ ، $r^2 = 0/97$ ، $ARE = 5/77\%$ با محدوده $52/5\%$ به صورت $(Y = 1/095X - 0/069)$ ، $r^2 = 0/896$ ، $ARE = 30/06\%$ با محدوده $28/8\%$ تا $57/9\%$ و برای

وزن تر ذخیره شده به این صورت به دست آمد $(Y = 1/052X - 0/0757)$ ، $r^2 = 0/924$ ، $ARE = 6/63\%$ با محدوده $18/6\%$ تا $62/7\%$ است.

داده‌های مورد استفاده در این آزمایش برای مدل (FGS2): هم تست شد. میزان توافق بین مقادیر پیش‌بینی شده (Y) و مشاهده شده (X) برای پروتئین ذخیره شده بدین صورت به دست آمد: $(Y = 1/011X - 1/787X)$ ، $r^2 = 0/886$ ، $ARE = 20/9\%$ با محدوده $19/6\%$ تا $87/4\%$ این مقادیر برای چربی ذخیره شده به صورت $(Y = 1/053X - 0/053)$ ، $r^2 = 0/904$ ، $ARE = 29/4\%$ با محدوده $12/2\%$ تا 117% و برای وزن تر ذخیره شده به این صورت به دست آمد $(Y = 2/051X - 0/982)$ ، $r^2 = 0/902$ ، $ARE = 21.4\%$ با محدوده $35/2\%$ تا $90/93\%$ که در نمودار ۲ نشان داده شده‌اند.

نتایج به دست آمده نشان داد که مدل پیشنهاد شده در این تحقیق پروتئین ذخیره شده و وزن تر ماهی را با درصد خطای کمتری نسبت به مدل FGS2 پیش‌بینی می‌کند، ولی ARE (میانگین خطای نسبی) برای تخمین چربی ذخیره شده در این مدل تقریباً با درصد خطا برای تخمین چربی ذخیره شده در مدل FGS2 برابر بود. میزان ضریب هضم‌پذیری می‌تواند یکی از دلایل این اختلاف باشد. با گذشت سال‌ها و بهبود کیفیت غذا، هضم‌پذیری مواد مغذی افزایش یافته و همچنین عموماً هضم‌پذیری چربی بیشتر از پروتئین است (Cho and Bureau, 2001). بنابراین بهبود ضرایب هضم‌پذیری با در اختیار قرار دادن مقادیر واقعی ترمواد مغذی در فرایند سوخت ساز می‌تواند منجر به پیش‌بینی دقیق‌تری از میزان پروتئین ذخیره شده و رشد گردد.

در مدل حاضر میزان پروتئین و چربی ذخیره شده نسبت به مدل قبلی کمتر برآورد شد. تخمین بیشتر میزان

درصدی از انرژی مورد نیاز برای متابولیسم که توسط چربی تأمین می‌شود و رابطه میزان پروتئین به انرژی جیره با این پارامتر و همچنین ساخت معادله‌ای با درصد خطای پایین برای پیش‌بینی دقیق وزن تر بدن است.

منابع

Azevedo, P.A., Cho, C.Y., Leeson, S. & Bureau, D.P. 1998. Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Living Resources*, 11: 227-238.

Azevedo, P.A., Leeson, S., Cho, C.Y. & Bureau, D.P. 2004a. Growth, nitrogen and energy utilization of juveniles from four salmonid species: diet, species and size effects. *Aquaculture*, 234: 393-414.

Azevedo, P.A., Leeson, S., Cho, C.Y. & Bureau, D.P. 2004b. Growth and feed (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmosalar*) reared in freshwater: diet and species effects, and responses utilization of large size rainbow trout over time. *Aquaculture Nutrition*, 10:401-411

Borquez, A., Serrano, E., Dantagnan, P., Carrasco, J. & Adrian, H. 2011. Feeding high inclusion of whole grain white lupin (*Lupinus albus*) to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, nutrient digestibility, liver and intestine histology and muscle fatty acid composition. *Aquaculture Research*, 42: 1067-1078.

Bureau, D.P., Hua, K. 2008. Models of nutrient utilization by fish and potential application for fish culture operation. In *Mathematical Model in Animal Nutrition* (Eds J. France & E. Kebreab), pp.442-461.

Bureau, D.P., Hua, K. & Cho, C.Y. 2006. Effect of feeding level on growth and nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) growing from 150 to 600 g. *Aquaculture Research*, 37:1090-1098.

Cho, C.Y., Bureau, D.P. 2001. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feedwastes in aquaculture. *Aquaculture Research*, 32: 349-360.

Dumas, A., de Lange, C.F.M., France, J. & Bureau, D.P. 2007. Quantitative description of body

پروتئین، چربی ذخیره‌شده و وزن تر ماهی توسط مدل FGS2 در مقایسه با مدل ساخته‌شده در این تحقیق حاکی از این است که مدل FGS2 قسمت بیشتری از مواد مغذی هضم‌شده را به نسبت میزان واقعی، به بیومس تبدیل می‌کند. چنین شرایطی می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که در ماهی میزان بیشتری از این مواد برای تأمین انرژی متابولیسمی اکسید می‌شوند و میزان انرژی متابولیسم کل بیشتر از مقداری است که در مدل FGS2 محاسبه شد. Machiels and Henken, 1987 نیز در بررسی نتایج خود به این نتیجه رسیدند که میزان انرژی مورد نیاز برای متابولیسم تغذیه و متابولیسم روتین در آزمایش‌های تست شده بالاتر از میزانی است که آنها برآورد کرده‌اند. وجود چنین خطایی می‌تواند ناشی از انتخاب روش محاسبه متابولیسم روتین باشد.

مدل ساخته‌شده در این تحقیق عمدتاً برآورد کمتری از میزان وزن بدن در مقایسه با آزمایش می‌دهد. تخمین وزن تر ماهی به‌طور مستقیم با تخمین پروتئین ذخیره‌شده در ارتباط است و چون رابطه‌ای که از آن برای این برآورد استفاده می‌شود (From & Rasmussen 1984) خود به‌تنهایی تخمین کمتری از میزان واقعی را نشان می‌دهد. بنابراین حتی اگر ما دقیق‌ترین پیش‌بینی را برای پروتئین ذخیره‌شده داشته باشیم، پیش‌بینی وزن تر ماهی همواره کمتر خواهد بود. بنابراین استفاده از یک رابطه مطمئن با پیش‌بینی دقیق می‌تواند در تخمین درست وزن تر ماهی مؤثر باشد.

با وجود اینکه مدل پیشنهادی این تحقیق در مقایسه با FGS2 پیش‌بینی دقیق‌تری از ذخیره مواد مغذی دارد، اما به‌نظر لازم است تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد تا زمینه استفاده بیشتر علم مدل‌سازی در پیش‌بینی فرایند رشد و ترکیب شیمیایی بدن فراهم شود. از جمله مواردی که نیاز به آزمایش‌های بیشتری دارند تعیین دقیق

- and *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 26: 415-425.
- Zhang, Y., Overland, M., Sørensen, M., Penn, M., Mydland, L. T., Shearer, K. D. & Storebakken, T., 2012.** Optimal inclusion of lupin and pea protein concentrates in extruded diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 360-361: 344-349.
- composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 273:165-181.
- Dumas, A., France, J. 2010.** Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going. *Aquaculture Research*, 41: 161-181
- From J., Rasmussen, G. 1984.** A growth model, gastric evacuation, and body composition in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *Dana*, 3: 61-139.
- Gordon, M.S., Bartholomew, C.A., Grinnell, A.D., Jorgensen, C.B. & White, F.N. 1977.** Animal Physiology: Principle and Adaptations, 3rd edn, New York, Macmillan.
- Hua, k., Birkett, S., de Lange, K. & Bureau, D.P. 2009.** Adaptation of a non-ruminant nutrient-based growth model to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Agricultural Science*, 148: 17-29.
- Machiels, M.A.M. and Henken, A.M. 1986.** A dynamic simulation model for growth of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) I. Effect of Feeding level on Growth and Energy Metabolism. *Aquaculture*, 56: 29-52.
- Mohiti-Asli, M., Shivazad, M., Zaghari, M., Aminzadeh, S., Rezaian, M., Mateos, G.G. 2012.** Dietary fibers and crude protein content alleviate hepatic fat deposition and obesity in broiler breeder hens. *Poultry Science*, 91: 3107-3114.
- Palmegiano, G.B., Daprà, F., Forneris, G., Gai F., Gasco, L., Guo, K., Peiretti, P.G., Sicuro, B. and Zoccarato, I. 2006.** Rice protein concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 258: 357-367
- Ricker, W.E. 1979.** Growth rates and models. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Editors), *Fish Physiology*, Vol. VIII: Bioenergetics and Growth. Academic Press, New York, pp. 678-744.
- Tran Duy, A. 2008.** Modeling fish growth using the concentration of metabolites to regulate feed intake and metabolism. PhD thesis at Wageningen University, The Netherlands.
- Van Dam, A. A., Penning, De Vries, F. W.T. 1995.** Parameterization and calibration of a model to simulate effects of feeding level and feed composition on growth of *Oreochromis niloticus* (L.)

Parameterization of feeding levels and feed composition on growth model and nutrient retention in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Sahar Abbasyfar¹, Abdolsamad Kermat Amirkolaie^{2*}, Asadollah Taimouri Yansari³, Hosein Rahmany⁴

1- M.Sc. Graduated, Department of Animal Sciences, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari

2-Assistant Prof., Department of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari

3- Associate Prof., Department of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari

4- Associate Prof., Department of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari

*Corresponding author: amirkola@yahoo.com

Abstract

This study was to up-grade a model leading to a more accurate prediction of growth and body composition in rainbow trout. Based on an earlier model (FGS2) predicting fat and protein retention in relation to feed level and composition, we tested the model using the latest nutritional experiment conducted on rainbow trout. The result showed that our model predicted more accurately by up-grading digestibility estimates for protein, fat and carbohydrate and also maintenance and feeding metabolism than that of FGS2. A more accurate prediction observed in relation to wet weight gain and protein retention can be resulted from the correction of digestibility estimates, calculation of heat loss based on feed composition and changing of routine metabolism coefficient.

Key words: Growth model, Routine metabolism, Rainbow trout, Digestibility