

Feyza Sanver

**Energy and Nitrogen balances in rainbow trout
(*Oncorhynchus mykiss*) fed at largely varying feeding
intensities**



Cuvillier Verlag Göttingen

Institute of Animal Nutrition
Rheinische -Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn
Head: Prof. Dr. Ernst Pfeffer

**Energy and Nitrogen balances in rainbow trout
(*Oncorhynchus mykiss*)
fed at largely varying feeding intensities**

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

For

The award of

Doktor der Agrarwissenschaften (Ph.D. in Agriculture)

(Dr. agr.)

Of

The Faculty of Agriculture

Of

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zur Bonn

Submitted on 22th of July, 2004

By

Feyza Sanver

From Adana, Turkey

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2004

Zugl.: Bonn, Univ., Diss., 2004

ISBN 3-86537-312-7

Referent:	Prof. Dr. Ernst Pfeffer
Korreferent:	Prof. Dr. Helga Sauerwein
Date of Defense:	5 th November 2004

D 98

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2004
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21
www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2004

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-86537-312-7

Feyza Sanver

**Energy and Nitrogen balances in rainbow trout
(*Oncorhynchus mykiss*)
fed at largely varying feeding intensities**

D 98 (Diss. Universität zu Bonn)

CUVILLIER VERLAG

Göttingen 2004

For my teacher,
Prof. Dr. Ernst Pfeffer

Energy and Nitrogen balances in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed at largely varying feeding intensities

Feyza Sanver

Four growth experiments were conducted with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Experiment 1 was a three-factorial design that combined two dietary lipid concentrations (High Fat (HF) = about 300 g/kg vs. Low Fat (LF) = less than 200 g/kg) with two of protein concentrations (High Protein (HP) = about 500 g/kg vs. Low Protein (LP) = about 400 g/kg) resulting in four experimental diets each fed either to satiation or at a restricted rate (% 70 of the feeding intensity of the fish fed to satiation). Each treatment had three replicates with 20 fish weighing 101 g each. Energy and nutrient digestibilities were measured by an inert marker, Yttrium oxide, which was added into the diet. Energy as well as protein and fat content were determined in body homogenates of all experimental groups as well as of "zero groups" in all the experiments of the study. HFLP diet and feeding at a restricted rate influenced performance, accreted energy, nitrogen accretion and utilization of DE and DCP as well. In experiment 2, HFLP diet was fed at one of eight feeding intensities DFI (Daily Feed Increase) to groups of 20 trout, each initially weighing 101 g. Daily feed offer was determined by the equation: $y = k \cdot \text{initial BW} \cdot (1+k)^d$, (where d = the experimental day, k = the rate of feed increase and BW: Body weight). k-values chosen for the eight treatments ranged between 0.005 and 0.02. Three replicate groups were allotted to each treatment. 3 kg feed were fed to each group –this resulted in different durations ranging between 229 days at the lowest intensity and 55 days at the highest intensity. Using two DFIs the third experiment was conducted with the goal of achieving two significantly different final body weights (65 and 176 g per trout), which served as the initial weights for the fourth experiment. In Experiment 4 feeding was done in 12 different feeding intensities in which four lower intensities were added (lower than 0.005). Each treatment had 20 trout and no replications. Experimentation lasted for 176 d in the lowest intensity and 38 d in the highest intensity. In each treatment, the amount of feed consumption corresponded to the initial biomass. Non-linear multiple regression analysis of pooled data from all experiments gave the following equations:

$$\text{IDE} = 42.8(\pm 7.826) \cdot R_p + 43.2(\pm 5.358) \cdot R_L + 14.8(\pm 7.746) \cdot \text{BW}^{0.26(\pm 0.238)}$$

$$\text{IDE} = 1.31 (\pm 0.053) \cdot \text{RE} + 14.7(\pm 7.264) \cdot \text{BW}^{0.21(\pm 0.219)}$$

(IDE=Digestible Energy Intake, RE=Retained Energy, R_p =Retained Protein, R_L =Retained Lipids, BW=Body Weight)

Based on the results of this study 0.26 and 0.21 were found to be the respective relevant exponents of the body weight, that could be used for the metabolic body size.

RE as function of IDE (BW was raised to the power of 0.21), showed that partial efficiency of DE intake for retention was 0.76.

Further studies with more variance are required to confirm these values.

Energie- und Stickstoff-Bilanzen von Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) bei stark variierenden Fütterungsintensitäten

Feyza Sanver

Es wurden vier Experimente mit Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) durchgeführt.

Experiment 1 wurde in einem drei-faktoriellen Versuchsaufbau angelegt, wobei eine Futterfettkonzentration (HF = ca. 300g/kg vs. LF = weniger als 200 g/kg) mit einer der Futterproteinkonzentration (HP = ca. 500 g/kg vs. LP ca. 400 g/kg) kombiniert wurde. Dieser Versuchsaufbau führte zu vier experimentellen Futtermischungen, welche jeweils satt oder restriktiv (70% des verbrauchten Fütterungsintensität bei Sattfütterung) an 20 Fische mit jeder 3 Wiederholung einem Anfangsgewicht von je 100 g pro Behandlung verfüttert. Energie- und Nährstoffverdaulichkeit wurden mit einem inerten Marker, Yttriumoxid, gemessen, der den Futtermischungen zugesetzt wurde. Energie-, sowie Fett- und Proteingehalte aller Versuchs- und Nullgruppen dieser Studie wurden durch Ganzkörperhomogenate bestimmt. Die Restriktivfütterung mit der HFLP-Mischung beeinflusste Leistung, gemessene Energie, N-Ansatz und Verwertung von DE und DCP gleichermaßen. In Experiment 2 wurde die HFLP-Mischung als eine von 8 Fütterungsintensitäten (DFI) an Gruppen von 20 Forellen verfüttert, wobei jeder Fisch anfänglich 100 g wog. Das tägliche Futterangebot wurde mit folgender Gleichung bestimmt: $y = k * \text{Anfang LM} * (1 + k)^d$. In dieser Gleichung ist d die Anzahl experimenteller Tage, k die Futtersteigerungsrate, LM die Lebendmasse. Die für die 8 Behandlungen gewählten k-Werte reichten von 0,005 - 0,02. Jeder Behandlung wurden 3 Wiederholungsgruppen zugeteilt. 3 kg Futter wurden jeder Gruppe verfüttert, dieses resultierte in verschiedenen langen Laufzeiten, die zwischen 229 Tagen bei niedrigster Fütterungsintensität und 55 Tage bei höchster Fütterungsintensität schwankten. Das dritte Experiment wurde mit dem Zweck durchgeführt, zwei unterschiedliche Anfangsgewichte für das letzte Experiment zu erreichen, wo zwei unterschiedliche DFIs angewendet. Experiment 4 hatte zwei signifikant unterschiedliche Anfangsgewichte (65 und 176 g/Fisch), an die jeweils eine von 12 Fütterungsintensitäten gefüttert wurde, wobei 4 zusätzliche niedrigere Intensitäten (<0.005) zu den acht DFIs aus Experiment 2 zugegeben wurden. In jeder Behandlung entsprach die Menge des Futtermittels dem anfänglichen Biomasse der Gruppe. Jede Behandlung mit 20 Fischen und ohne Wiederholung dauerte 176 Tage bei der niedrigsten Fütterungsintensität und 38 Tage bei der höchsten Intensität. Eine nicht-lineare multiple Regressionsanalyse der zusammengefassten Daten aller Experimente ergab die folgenden Gleichungen:

$$\text{IDE} = 42,8(\pm 7,826) * R_p + 43,2(\pm 5,358) * R_L + (14,8(\pm 7,746) * \text{LM})^{0,26(\pm 0,238)}$$

$$\text{IDE} = 1,31(\pm 0,053) * \text{RE} + 14,7(\pm 7,264) * \text{LM}^{0,21(\pm 0,219)}$$

(IDE: Aufnahme Verdaulicher Energie, RE: Retinierte energie R_p : Retiniertes protein, R_L : Retiniertes Fett, LM: Lebendmasse)

Basierend auf den Daten dieser Studie ergaben sich 0,26 und 0,21 als Exponenten für die Lebendmasse. Die Retinierte Energie (RE) als Funktion des DIE (mit einem Exponenten von 0,21 für die Lebendmasse) ergab eine Verwertbarkeit der DE-Aufnahme für den Ansatz von 0,76. Weitere Studien mit einer grösseren Varianz sind notwendig, um diese Werte zu bestätigen.

TABLE OF CONTENTS

1.	INTRODUCTION	1
2.	LITERATURE REVIEW	3
2.1	Determination of energy requirements, utilization and dietary supply to fish	3
2.1.1	Dietary sources of energy	3
2.1.2	Measurement of energy metabolism	4
2.1.3	Methods to measure digestibility	5
2.1.4	Branchial and urinary (non-faecal) losses	6
2.1.5	Measurement of heat production: fish calorimetry	6
2.1.6	Comparative carcass analyses	7
2.1.7	Metabolizable energy	8
2.1.8	Growth and energy retention	8
2.1.9	Energy requirement for maintenance	8
3.	MATERIALS AND METHODS	13
3.1	Experimental facility	13
3.2	Experimental animals	16
3.3	Experimental procedure	17
3.4	Diets and feeding	18
3.4.1	Experimental diets	18
3.4.2	Feeding system	18
3.5	Sample preparation and chemical analysis	20
3.5.1	Sample preparation	20

3.5.1.1	Preparation of feed samples	20
3.5.1.2	Preparation of faeces samples	20
3.5.1.3	Preparation of whole body samples	21
3.5.2	Laboratory analyses	21
3.6	Data analyses	22
3.7	Statistical analyses	23
4.	RESULTS	26
4.1	Documentation of primary measurements	26
4.1.1	Feed analyses	26
4.1.2	Faecal sample analyses	27
4.1.3	Performance	27
4.1.4	Whole body homogenates	27
4.2	Growth, Energy and Nitrogen balances of trout in the 4 experiments	27
4.2.1	Experiment 1	27
4.2.2	Experiment 2	34
4.2.3	Experiment 3	36
4.2.4	Experiment 4	38
5.	DISCUSSION	42
5.1	Mortality	42
5.2	Interpretation of primary measurements	43
5.3	Performance	43
5.4	Accretion of lipids and protein	44
5.4.1	Experiment 1	44
5.4.2	Experiment 2	44

5.4.3	Experiment 3	46
5.4.4	Experiment 4	46
5.5	Energy balances	47
5.6	Comparison with other studies	54
5.7	Nitrogen balance	62
6.	CONCLUSIONS	69
6.1	Conclusions	69
6.2	Recommendations	71
7.	SUMMARY	73
8.	APPENDIX	75
9.	REFERENCES	90

LIST OF TABLES AND FIGURES

Tables

Table 1:	Measurements of basal metabolic rate by using indirect calorimetry	9
Table 2:	Maintenance DE requirements for some fish by using factorial approach	10
Table 3:	Contribution of maintenance requirement of DE (DE_M) to total DE in trout at 15 °C, calculated on the basis of the proposed equation by RODEHUTSCORD and PFEFFER (1999) assuming a body weight of 100 g and different daily growth coefficients (DGC)	11
Table 4:	Zero groups per experiment	17
Table 5:	Synopsis of Experimental Designs	25
Table 6:	Proximate analysis of nutrients and energy content of experimental diets	26
Table 7.a:	Performance of rainbow trout fed one of four diets for 48 days either to satiation or at a restricted rate in experiment 1 (means $\pm$ SD, 3 replicate groups of 20 trout per treatment)	30
Table 7.b:	Levels of significance (<i>p-values</i>) of effects of diet composition and feeding rate on performance traits of trout shown in Table 7.a	30
Table 8.a:	Digestibility of energy and proximate nutrients in rainbow trout fed one of four diets for 48 days either to satiation or at a restricted rate in experiment 1 (means $\pm$ SD, 3 replicate groups of 20 trout per treatment)	31
Table 8.b:	Levels of significance (<i>p-values</i>) of effects of diet composition and feeding rate on digestibility of energy and proximate nutrients shown in Table 8.a	31
Table 9.a:	Composition of gain in rainbow trout fed one of four diets for 48 days either to satiation or at a restricted rate in experiment 1 (means $\pm$ SD, 3 replicate groups of 20 trout per treatment)	32
Table 9.b:	Levels of significance (<i>p-values</i>) of effects of diet composition and feeding rate on composition of gain in trout shown in Table 9.a	32