

## トラフグ用飼料におけるエネルギー源としての炭水化物と脂質

韓, 慶男  
九州大学農学部附属水産実験所

古市, 政幸  
九州大学農学部附属水産実験所

<https://doi.org/10.15017/23554>

---

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 50 (1/2), pp.19-23, 1995-11. 九州大学農学部  
バージョン :  
権利関係 :

## トラフグ用飼料におけるエネルギー源 としての炭水化物と脂質\*

韓 慶 男・古 市政 幸

九州大学農学部附属水産実験所

(1995年6月19日受理)

### Availability of Carbohydrate and Lipid as Dietary Energy Sources for Young Puffer Fish, *Takifugu rubripes*

Kyung-nam HAN and Masayuki FURUICHI

Fishery Research Laboratory, Faculty of Agriculture,  
Kyushu University, Fukuoka 811-33

#### 緒 言

魚類は飼料中のタンパク質を体構成成分として利用するばかりでなく、かなりの部分をエネルギー源として利用することが知られている (Brett and Groves, 1979)。近年、脂質や炭水化物を飼料に添加することにより、エネルギー源として消費されるタンパク質を節約する研究が活発に行われている (Cowey *et al.*, 1975; 竹田ら, 1975; 竹内ら, 1978a, b; Morita *et al.*, 1982)。一般に炭水化物は安価であり、飼料のエネルギー源として重要と考えられるが、魚類は哺乳動物と比べて炭水化物利用能が低いため炭水化物の多量の配合は好ましくないと報告されている (Phillips, 1969; 示野, 1972, 1974; Edwards *et al.*, 1977; 米, 1985; Hilton and Atkinson, 1982)。また、エネルギー源としての炭水化物と脂質の利用性は、魚種によって異なることが知られているので、飼料への添加量には注意が必要である。そこで本研究では、飼料のタンパク質含量を一定にし、炭水化物と脂質含量の異なる飼料をトラフグに与えて、エネルギー源としての炭水化物と脂質の有効性を検討した。

#### 材料および方法

##### 1. 供試魚

九州大学水産実験所で飼育した平均体重2.7gの幼

魚を本実験に用いた。供試魚は飼育開始前1週間、沿岸魚粉をタンパク源とする配合飼料で予備飼育を行った後、ほぼ同じ体重の健康な個体を選別して試験に用いた。

##### 2. 飼育条件

屋外に設置した500l容の円形ポリカーボネイト水槽4槽に、各区40尾ずつ収容し、エアストーンを介して400~600ml/分の通気と、500~600ml/分の砂濾過海水の流水条件下で8週間の飼育実験を行った。給餌は1日3回とし、毎回飽食給餌した。飼育期間中の水温は22.5~28.0℃の範囲であった。

##### 3. 試験飼料

試験飼料の組成および一般分析値を Table 1 に示した。試験飼料はタンパク質源として沿岸魚粉とカゼインナトリウムを、可消化炭水化物源として $\alpha$ -ポテトスターチおよびデキストリンを、脂質源として精製スケトウダラ肝油 (理研ビタミン KK 製) を用いて脂質含量と炭水化物含量が異なるように配合し、 $\alpha$ -セルロースで全体のエネルギー量を調節した。各飼料の粗タンパク質量はいずれも約50%であるが、脂質と炭水化物含量はそれぞれ1区が6%と30%、2区が11%と23%、3区が17%と18%、4区が22%と7%である。飼料は2.0~2.5mm および2.5~3.0mm の2段階の粒径のドライペレットに成型した後、成長に応じて徐々に大型のものを与えた。

##### 4. 測定および分析

体重の測定は、MS-222 (100ppm) で麻酔した全供

\* 九州大学農学部附属水産実験所業績, No. 206

**Table 1.** Percent composition of the experimental diets.

Ingredient	Diet No.			
	1	2	3	4
Brown fish meal	50	50	50	50
Casein-Na	10	10	10	10
$\alpha$ -Starch	4	4	4	4
Dextrin	20	15	10	0
P. L. oil* <sup>1</sup>	0	5	10	15
Vitamin mix* <sup>2</sup>	3	3	3	3
Mineral mix* <sup>3</sup>	8	8	8	8
$\alpha$ -Cellulose	5	5	5	5
Nutrient content in dry matter				
Crude protein	50.5	50.8	49.8	49.8
Crude lipid	6.0	11.0	16.7	21.5
Carbohydrate	29.6	23.3	17.7	6.5
DE (kcal/100g)* <sup>4</sup>	354	373	395	394

\*<sup>1</sup> Pollack liver oil.\*<sup>2</sup> Halver's vitamin mixture (1957)+  $\alpha$ -Cellulose.\*<sup>3</sup> NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 49.28, Fe-citrate 2.40, AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 0.015, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.291, MnSO<sub>4</sub>·4·6H<sub>2</sub>O 0.065, CuCl 0.009, KI 0.014, CoCl<sub>2</sub>·6 H<sub>2</sub>O 0.086,  $\alpha$ -Cellulose 47.84g/mixture 100g.\*<sup>4</sup> Digestible energy of each component is estimated from the values for carp (Ogino *et al.*, 1976): 4 kcal/g protein, 8 kcal/g lipid and 3.5kcal/g digestible carbohydrate.

試魚について2週間毎に行った。また試験終了時には10個体について肝臓を摘出し、比肝重値を個体別に求めた。試験飼料および試験開始時と終了時に10尾の個体を一般分析に供した。水分含量は常圧加熱乾燥法、粗タンパク質含量はケルダール法、粗脂質含量はFolch *et al.* (1957)の方法で、また飼料の炭水化物含量は塩酸で加水分解し、生じた単糖をフェノール硫酸法(Hodge and Hofreiter, 1962)で定量した。

## 結 果

### 1. 飼育結果

各区の成長の推移をFig. 1に、飼育結果をTable 2にそれぞれ示した。成長は高脂質・低炭水化物含量の試験区ほど良好であった。とくに脂質22%と炭水化物7%を含む4区は他区に比べ優れた成長を示した( $P<0.05$ )。生残率は各区とも80%以上であったが、低脂質・高炭水化物含量の1区は他の3区に比べてやや低かった(Table 2)。比肝重値は高脂質・低炭水化物含量の試験区ほど高くなり、各区间に有意差が認められた( $P<0.05$ )。一方、日間摂餌率は高脂質・低炭水化物含量の試験区ほど減少する傾向を示したが、日間成長率と飼料効率とは逆に上昇した。飼料効率は4区で最も高く、11~17%脂質・23~18%炭水化物含量の2区と3区は同程度で低かった。

2. タンパク効率、体タンパク質および脂質の蓄積率  
タンパク効率、体タンパク質および脂質の蓄積率を

**Table 2.** Effects of the dietary lipid and carbohydrate levels on the growth and efficiency of feed utilization of the young puffer fish.

	Diet No.			
	1	2	3	4
Dietary level (%)				
Crude lipid	6	11	17	22
Carbohydrate	30	23	18	7
Average initial wt. (g)	2.66±0.12	2.65±0.11	2.65±0.11	2.67±0.11
Average final wt. (g)* <sup>1</sup>	43.2±9.52 <sup>a</sup>	46.1±8.80 <sup>ab</sup>	47.4±6.45 <sup>bc</sup>	55.4±6.37 <sup>d</sup>
Average weight gain (%)	1524.1	1639.6	1688.7	1974.9
Survival rate (%)	82.5	100	92.5	92.5
Hepatosomatic index* <sup>1,2</sup>	7.89±0.83 <sup>a</sup>	9.05±0.82 <sup>b</sup>	10.53±1.43 <sup>c</sup>	10.81±0.70 <sup>c</sup>
Daily feed intake (%)	3.36	2.98	2.81	2.44
Daily growth rate (%)	3.40	3.43	3.44	3.49
Feed efficiency (%)	101.2	115.1	122.4	143.0

\*<sup>1</sup> Values within the same row which bear different letters are significantly different at  $p<0.05$  (ANOVA, Fisher's LSD test).\*<sup>2</sup> HSI: liver weight (g)×100/body weight (g).

Fig. 2 に示した。タンパク効率と体タンパク質蓄積率は高脂質・低炭水化物含量の区ほど高く、4区で最大値を示した。一方、脂質の蓄積率は11%脂質・23%炭水化物含量の2区で最も高く、17~22%脂質・18~7%炭水化物含量の3、4区では低かった。

3. 魚体の一般成分

筋肉および肝臓の分析結果を Table 3 に示した。筋肉の一般成分は各区間で大きな差はなかったが、肝臓では高脂質・低炭水化物含量の区ほど水分、粗タンパクおよび粗灰分含量が減少し、粗脂質含量が増大する傾向を示した。

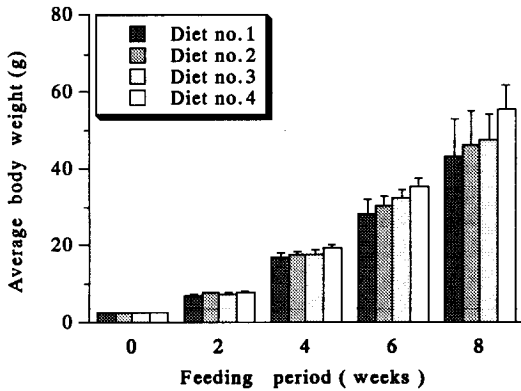


Fig. 1. Changes in average body weight of young puffer fish fed diets containing various levels of lipid. The explanation for legend refers to Table 2.

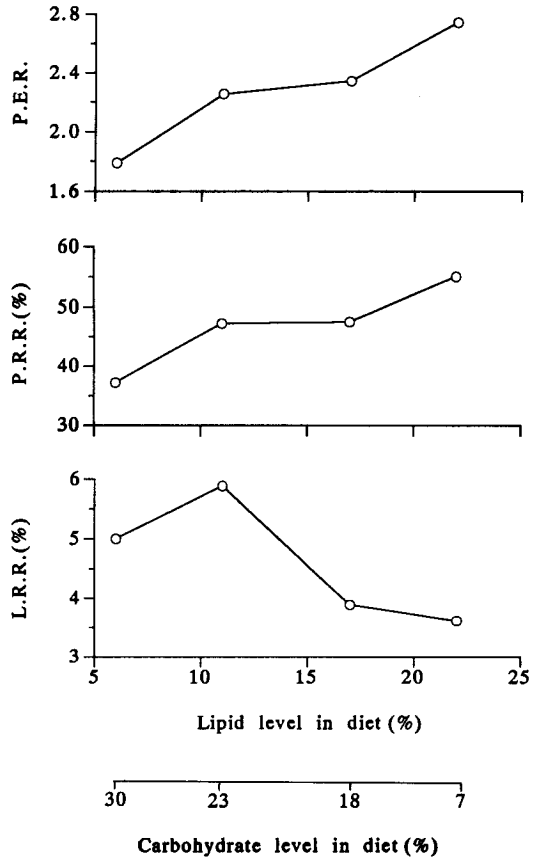


Fig. 2. Effect of dietary lipid levels on protein efficiency ratio (P.E.R.), protein retention rate (P.R.R.) and lipid retention rate (L.R.R.).

Table 3. Effects of the dietary lipid and carbohydrate levels on the proximate compositions (%) of dorsal muscle and liver of young puffer fish.

Diet No.	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
Dorsal muscle*				
Initial	80.7	18.6	1.2	1.9
1	78.8	20.6	0.4	1.5
2	78.7	20.7	0.6	1.8
3	77.8	20.2	0.6	1.5
4	79.0	19.9	0.6	1.6
Liver*				
Initial	49.8	12.1	35.9	1.1
1	41.0	6.1	49.2	2.5
2	32.7	3.9	60.0	2.3
3	30.7	4.0	61.8	2.3
4	28.7	3.1	66.4	1.7

\* Values were obtained from pooled samples of 10 fish.

## 考 察

エネルギー源としての炭水化物と脂質の有効性を検討した結果、成長および飼料効率は高脂質・低炭水化物の試験区ほど優れており、またタンパク効率やタンパク質蓄積率も高脂質・低炭水化物含量区ほど高い値を示した。雑食性のコイ（竹内ら、1979）やメナダ（Yoshimatsu *et al.*, 1993）では、炭水化物が脂質よりもエネルギー源としてより有効であることが報告されているが、肉食性の強い本種では、ハマチ（示野ら、1977）と同様、飼料中における主なエネルギー源としては脂質の方が炭水化物より優れていると推察される。一方、魚体の一般分析値に示したように高脂質・低炭水化物含量区ほど肝臓の脂質含量が多く、また魚体に占める内臓の割合も増加するなど、過剰のエネルギーが脂質として内臓に蓄積される可能性があり、脂質の適正添加量については更に検討する必要がある。

## 要 約

飼料のタンパク質含量を一定にし、炭水化物と脂質含量の異なる飼料を用いて、トラフグにおける炭水化物と脂質のエネルギー源としての有効性を検討した結果、成長、飼料効率、タンパク効率およびタンパク質蓄積率等は高脂質・低炭水化物含量の区ほど優れており、トラフグはエネルギー源として炭水化物より脂質をよく利用すると推察される。

## 文 献

- Brett J. R. and T. D. D. Groves 1979 Physiological energetics. In "Fish Physiology" Vol. 8, ed. by W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett, Academic Press, Inc., New York, pp.280-352
- Cowey C. B., J. W. Adron and D. A. Brown 1975 Studies on nutrition of marine flatfish: the metabolism of glucose by plaice (*Pleuronectes platessa*) and the effect of dietary energy source on protein utilization in plaice. *Br. J. Nutr.*, 33: 219-231
- Edwards D. J., E. Austreng, S. Risa and T. Ggedrem 1977 Carbohydrate in rainbow trout diet-I. Growth of fish of different families fed diets containing different proportions of carbohydrate. *Aquaculture*, 11: 31-38
- Folch J., M. Lees, and G. H. Sloanestanley 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497-509
- Hilton J. W. and J. L. Atkinson 1982 Response of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) to increased levels of available carbohydrate in practical trout diets. *Br. J. Nutr.*, 47: 597-607
- Hodge J. E. and B. T. Hofreiter 1962 Determination of reducing sugars and carbohydrates. In "Methods in Carbohydrate Chemistry", Vol 1, ed. by R. L. Whistler and M. L. Wolfrom, Academic Press, Inc., New York, pp.388-389
- Morita K., M. Furuichi and Y. Yone 1982 Effect of carboxymethylcellulose supplemented to dextrin containing diets on the growth and feed efficiency of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 48: 1617-1620
- Ogino C., J. Y. Chiou, and T. Takeuchi 1976 Protein nutrition in fish-VI. Effect of dietary energy sources on the utilization of proteins by rainbow trout and carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 42: 213-218
- Phillips A. M. Jr. 1969 Nutrition, digestion, and energy utilization. In "Fish Physiology" Vol. 1, ed. by W. S. Hoar and D. J. Randall, Academic Press, Inc., New York, pp.394-432
- 示野貞夫 1972 魚類の炭水化物代謝—特に酵素の分布と代謝調節について。水産増殖, 20: 263-275
- 示野貞夫 1974 魚類の炭水化物代謝に関する研究。高知大水産実験所研究報告, 2: 1-107
- 示野貞夫・細川秀毅・平田 博・竹田正彦 1977 ハマチとコイの糖代謝の比較。日水誌, 43: 213-217
- 竹田正彦・示野貞夫・細川秀毅・梶山英俊・会所健志 1975 ハマチの成長、飼料効率および体成分に及ぼす飼料のカロリー・蛋白質比の影響。日水誌, 41: 443-447
- 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉 1978a ニジマスの高たん白質飼料における脂質の添加効率。日水誌, 44: 677-681
- 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉 1978b ニジマス飼料におけるたん白質および脂質の至適添加量。日水誌, 44: 683-688
- 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉 1979 コイ用飼料におけるエネルギー源としての炭水化物と脂質。日水誌, 45: 977-982
- 米 康夫 1985 炭水化物。米 康夫編：養魚飼料，恒星社厚生閣，東京，31-42頁
- Yoshimatsu T., M. Furuichi, and C. Kitajima 1993 Effects of dietary lipid levels on the growth, efficiency of feed utilization and body composition of young redlip mullet. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 37: 273-281

## Summary

Feeding trials were conducted in order to compare the availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for puffer fish. The fish were fed diets containing different amounts of carbohydrate (30-7%) and lipid (6-22%) at a fixed protein level of 50%. The growth performance was examined in terms of weight gain, feed efficiency, protein efficiency ratio and body composition for 8-week feeding trials at 22.5-28.0°C. The average weight gain as well as feed efficiency, protein efficiency ratio and protein retention rate increased in fish given the diets with lower carbohydrate and higher lipid levels. Proximate analysis of body composition showed that dorsal muscle was not affected by dietary lipid level. However, moisture and crude protein in the liver were negatively correlated and crude lipid was positively correlated to dietary lipid level. It could be concluded from this study that lipid was more available as dietary energy source than carbohydrate.