

ブリにおける無魚粉飼料から通常魚粉飼料への変更効果

宮原治郎・石田典子¹・東畑 顕²・輿石友彦³・佐藤秀一⁴

Effect of change of regular fish meal diets from non-fish meal diet growth on yellowtail *Seriola quinqueradiata*

Jirou MIYAHARA, Noriko ISHIDA¹, Ken TOUHATA², Tomohiko KOSHIISHI³ AND Shuichi SATOH⁴

A twenty weeks feeding experiment was conducted to evaluate the nutritional value of plant and animal proteins as alternative protein sources for fish meal to one year old yellowtail. An anchovy meal based diet was formulated as a control, and non-fish meal diet was prepared by replacing the fish meal completely with plant proteins such as soy protein concentrate, defatted soybean meal and corn gluten meal, and chicken meal together with supplementation of taurine, digestive enzyme mixture and feeding stimulants. The experiments were set up anchovy meal 50% diet, non-fish meal diet and changed from non-fish meal diet to anchovy meal 50% diet in November and December. The average body weight and condition factor at the end of experiments were significantly lower in non-fish meal diet, the longer the feeding period of non-fish meal diet, the more growth tends to be inferior, but by changing non-fish meal diet to anchovy meal 50% diet, the growth has improved. Increased unit price of non-fish meal diets were about 10% higher than anchovy meal 50% diet. The blood condition and haematochemical characteristics of hematocrit value, hemoglobin and total cholesterol of non-fish meal diet were significantly lower than anchovy meal 50% diet. We considered that non-fish meal diet wasn't enough to have a negative impact on the health of yellowtail, because there was no mortality after the 12th week. Fish body analysis factors on equipment analysis were significant different, but taste evaluation wasn't significant different. We considered that the fish body analysis wasn't enough to have an influence sensorially. Because of these things, we considered that this non-fish meal diet was need to be improved due to the high cost, however the growth of non-fish meal diet was improved by change of anchovy meal 50% diet.

養殖魚の生産コストは、餌代が 6~7 割を占めるとされており、ブリ用の市販配合飼料における動物質性飼料（主に輸入魚粉）の配合割合は、30~60%（50%主体）である。世界最大の魚粉消費国である中国の購買意欲が高いことなどにより、世界最大の魚粉生産国であるペルー産魚粉価格は高止まり傾向である。このような状況の中、飼料コストを削減するため、配合飼料の低魚粉化を行

うと、魚粉に含まれるタウリンが不足して緑肝を発症する恐れがあるが、ブリにおいては魚粉 30%まではタウリン添加が不要であることが報告されている^{1, 2)}。また、養殖現場のブリ 1 歳魚を用いた試験では、タウリンを 0.5%添加した魚粉 20%飼料でも魚粉 50%飼料に近い成長を示し、健康面においても特に問題なく飼育できている³⁾。しかしながら、養殖用飼料の価格を安定させるには、

¹ 国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所

² 国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所

³ 日清丸紅飼料株式会社

⁴ 国立大学法人東京海洋大学

魚粉を使わず、供給量が豊富で、価格の安定した飼料原料を用いて、魚粉主体飼料と遜色のない飼育成績が得られる飼料の開発が必要である。このようなことから、濃縮大豆タンパク質あるいはポークミールを30%配合し、タウリン等を補足し、摂餌促進物質としてカツオペプチドあるいはサバの魚醤を噴霧し、消化吸收機能を高めるために酵素混合液を添加した無魚粉飼料でブリ1歳魚を6か月間飼育した場合、魚粉50%飼料と比べ、高水温期では同等に飼育でき、低水温期には若干成長が劣ることが報告されている⁴⁾。また、水温が高い時期には低魚粉飼料を与え、水温低下に応じて魚粉主体飼料に変更して成長を促進させ、増肉コストの削減を図る試験も行われており、ブリ1歳魚を用いて、価格の高い濃縮大豆タンパク質を使わず、廉価なチキンミールを20%配合し、タウリン、カツオペプチド、酵素混合液等を添加した魚粉30%飼料を夏期に給餌し、11月(水温23°C)および12月(水温19°C)に魚粉50%飼料へ変更した場合、魚粉50%飼料(通期)より成長が良く、増肉コストを削減できることが示唆されている⁵⁾。これらのことから、今回は、これまでの知見を基に作製した無魚粉飼料から魚粉50%飼料へ11月および12月に変更した場合の成長やコスト削減効果等を検討したので報告する。

材料と方法

供試魚は、民間養殖場で飼育されていたブリ1歳魚を活魚船で輸送し、2017年7月5日に長崎水試棧橋生簀(3m×3m×3m)へ収容後、給餌試験開始まで市販のEPを週5日給餌した。

9月25日に小割生簀(3m×3m×3m)へ39尾ずつ分養し、2018年2月13日までの20週間給餌試験を行った。

試験区は、魚粉50%飼料区(FM50)、無魚粉飼料区(FM0)、無魚粉飼料から11月に魚粉50%飼料に変更区【FM0→50(N)】および無魚粉飼料から12月に魚粉50%飼料に変更区【FM0→50(D)】を各区1網とした。

試験飼料組成をTable 1に、試験飼料の変更日を

Table 2に示す。魚粉50%飼料(冬期)は、魚粉50%飼料(夏期)より魚油を5%多く設計した。無魚粉飼料は、魚粉の代替源として濃縮大豆タンパク質、コーングルテンミール、チキンミール、フェザーミール、大豆油粕を用い、必須アミノ酸が不足しないようリシン、メチオニン、トレオニンおよびトリプトファンを添加した。また、タウリンを1%、アミプラスZnを若干量、リン酸カルシウムを3%、摂餌を促すためにカツオペプチドを0.5%、植物性原料の消化を助ける目的で酵素混合液を0.2%添加した。なお、ブリは、植物性タンパク源の消化吸收率が少し低い傾向であるため、粗タンパク質を魚粉50%飼料より2%高く設計した。FM50区は、魚粉50%飼料(夏期)を試験開始時から11月1日まで、11月2日以降は魚粉50%飼料(冬期)を、FM0区は、無魚粉飼料のみを、FM0→50(N)区は、無魚粉飼料を試験開始時から10月31日まで、11月1日以降は魚粉50%飼料(冬期)を、FM0→50(D)区は、無魚粉飼料を試験開始時から11月30日まで、12月1日以降は魚粉50%飼料(冬期)を給餌した。

Table 1. Formulation of the experimental diets (%)

Ingredient	Diet group		
	FM50 (Summer)	FM50 (Winter)	FM0
Anchovy meal	50.0	50.0	0.0
Soy protein concentrate	0.0	0.0	24.0
Defatted soybean meal	3.0	3.0	5.5
Corn gluten meal	3.0	3.0	21.0
Chicken meal	0.0	0.0	5.0
Feather meal	0.0	0.0	5.0
Wheat flour	10.0	10.0	3.0
Defatted rice bran	6.0	1.0	0.0
Tapioca starch	7.0	7.0	7.0
Fish oil	18.0	23.0	19.5
Vitamin mixture	2.0	2.0	2.0
Mineral mixture	1.0	1.0	2.0
Amiplus Zn	0.0	0.0	+
Calcium phosphate	0.0	0.0	3.0
Amino acid mixture*	0.0	0.0	2.0
Taurine	0.0	0.0	1.0
Skipjack peptide	0.0	0.0	0.5
Enzyme mixture	0.0	0.0	0.2

* Lysine 1, methionine 0.5, threonine 0.5 and tryptophan 0.2

試験飼料は、東京海洋大学へ送付し、粗タンパク質、粗脂肪およびリンを常法で分析した。

水温は、供試魚の遊泳水深を考慮し、2m層を

Table 2. Date of change of the experimental diets

Diet group	Experimental groups			
	FM50	FM0	FM0→50 (N)	FM0→50 (D)
FM50 (Summer)	Sep.25-Nov.1			
FM0		Sep.25-Feb.13	Sep.25-Oct.31	Sep.25-Nov.30
FM50 (Winter)	Nov.2-Feb.13		Nov.1-Feb.13	Dec.1-Feb.13

給餌日の 9～10 時に多項目水質計 Quanta TB (HACH 社) で測定した。

尾叉長および体重は, 4 週間毎に全数を測定した。

血液性状と血漿成分は, 試験開始時が 3 尾, 試験終了時が各区 5 尾を測定した。採血は, ヘパリンナトリウム処理した 5 ml プラスチックシリンジ (18G 注射針) で尾柄部血管より実施し, 全血の Ht 値およびヘモグロビン量 (Hb 量), 血漿の TCHO, TG, グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ (GOT), グルタミン酸ピルビン酸トランスアミナーゼ (GPT), TP, GLU および総ビリルビン (TBIL) を測定した。このうち Ht 値は, ヘマトクリット遠心機 H-1200F (株式会社コクサン) で 12,000 rpm, 5 分間遠心後, 測定した。その他の項目は, 臨床化学分析装置 DRI-CHEM 7000i (富士フィルムメディカル株式会社) で測定した。

肉質分析は, FM50 区および FM0 区から 12 月 18 日に 4 尾ずつ取り上げ, 水産技術研究所へ送付し, 12 月 20 日以降で行った。色調は, 背側普通筋および血合筋を測色計 CM-600d (コニカミノルタセンシング株式会社) で測定した。一般成分は, 背側および腹側普通筋を常法で行った。脂肪酸組成は, 背側普通筋を外部分析機関へ依頼して行った。遊離アミノ酸含量, 核酸関連物質および乳酸含量は, 細断した背側普通筋 20 g と蒸留水 80 ml を入れたプラスチック製チューブを沸騰水中に 10 分間浸漬後, 速やかに氷水中で 1 時間以上冷却し, マイクロ冷却遠心機 Model 3740 (久保田商事株式会社) で 8,000×g, 10 分間遠心した上清をキムワイプでろ過して得られた濾液 (熱水抽出エキス) を用い, 遊離アミノ酸含量においては高速液体クロマトグラフ Prominence アミノ酸分析シス

テム (株式会社島津製作所) で, 核酸関連物質および乳酸含量においては高速液体クロマトグラフ LC-20AD (株式会社島津製作所) で分析した⁶⁾。味は, 背側普通筋の熱水抽出エキスを味認識装置 SA-402B (インテリジェントセンサーテクノロジー社) で分析した。得られたセンサー出力値は, 付属のアプリケーションにより, 装置指定の基準液を無味のベースラインとした味質強度 (推定値) として表した。なお, においぶくろに普通筋 37.5 g と血合筋 7.5 g を入れ, 純窒素を充填し, 40°C で 30 分間静置後, 純窒素を回収して得られた香气成分をにおい識別装置 FF-2020 (株式会社島津製作所) で分析した。呈味評価は, 水産技術研究所職員 25 名が背側普通筋および血合筋を 2 点嗜好法により, 1 組目と 2 組目の順序を逆に繰り返して評価した。

試験終了時の体重, 肥満度および血液性状と血漿成分については, 正規性を検定後, Tucky-Kramer か Steel-Dwass の多重比較検定法により, 12 月 18 日取り上げ魚の肉質分析結果については, *t* 検定により有意差 ($p < 0.05$) を確認した。

結 果

試験飼料

Table 3 に試験飼料の分析結果を示す。粗タンパク質は, 魚粉 50%飼料の夏期が 39.4%, 冬期が 38.7%, 無魚粉飼料が 41.4%, 粗脂肪は, 魚粉 50%飼料の夏期が 22.1%, 冬期が 27.0%, 無魚粉飼料が 22.8%, リンが 12.8～13.2 mg/g であり, ほぼ設計どおりの値を示した。

成長と生残

Fig. 1 に水温, 平均体重および肥満度の推移を, Table 4 に飼育成績を示す。

Table 3. Crude protein, crude lipid and phosphorus of the experimental diets

Analysis	Diet group		
	FM50 (Summer)	FM50 (Winter)	FM0
Crude protein (%)	39.4	38.7	41.4
Crude lipid (%)	22.1	27.0	22.8
Phosphorus (mg/g)	13.2	13.2	12.8

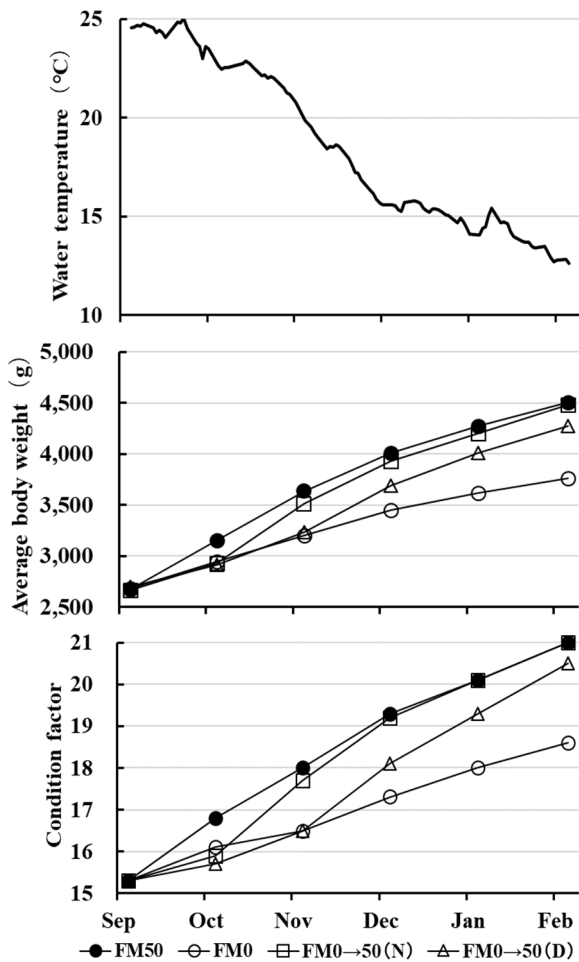


Fig. 1. Changes in water temperature of 2 m depth, average body weight and condition factor of yellowtail fed the experimental diets. Closed circle, open circle, open square and open triangle indicate Experimental groups FM50, FM0, FM0→50 (N) and FM0→50 (D), respectively.

水温は、12.6～25.0°Cで推移し、無魚粉飼料から魚粉 50%飼料に変更した11月1日が22.9°C、12月1日が18.5°Cであった。

平均体重は、FM50区が2,674.9gから4,502.0g、FM0区が2,678.8gから3,762.6g、FM0→50 (N)

区が2,665.8gから4,480.8g、FM0→50 (D)区が2,697.6gから4,274.6gに成長し、試験終了時のFM0区が他区より有意に低かった。無魚粉飼料から魚粉 50%飼料への変更が早いと成長の改善がみられた。

肥満度は、試験開始時の15.3から試験終了時のFM50区が21.0、FM0区が18.6、FM0→50 (N)区が21.0、FM0→50 (D)区が20.5に増加し、FM0区が他区より有意に低かった。無魚粉飼料から魚粉 50%飼料への変更が早いと肥満度の改善がみられた。

日間増重率は、FM50区およびFM0→50 (N)区が0.36%、FM0→50 (D)区が0.32%、FM0区が0.24%、増肉係数は、FM50区が2.31、FM0→50 (N)区が2.42、FM0→50 (D)区が2.68、FM0区が3.74と無魚粉飼料の給餌期間が長いほど劣る傾向であった。

日間給餌率は、FM0→50 (N)区が0.88%、FM0→50 (D)区が0.87%、FM50区が0.82%、FM0区が0.79%の順に高く、無魚粉飼料から魚粉 50%飼料に変更した区では、FM50区よりも変更後の給餌量が1ヶ月程度多くなったことから日間給餌率が高くなった。

生残率は、へい死がFM0区で10月12日に1尾(未検査)、10月19日に1尾(ベネデニア症)および12月17日に1尾(ノカルジア症)みられたため92.3%であったが、その他の区は100%であった。

増肉単価は、FM50区を100とした場合、FM0区が111.4、FM0→50 (N)区が111.2、FM0→50 (D)区が117.2と無魚粉飼料の給餌区が1割程度高くなった。

血液性状と血漿成分

Table 5に試験開始時と試験終了時の血液性状と血漿成分の分析結果を示す。

試験開始時の血液性状と血漿成分は、特に異常値はみられなかった。

試験終了時の血液性状と血漿成分は、FM0区がHt値およびHb量でFM50区より、TCHOで他区より、TPでFM0→50 (D)区より有意に低かった。

Table 4. Growth performance and feed utilization of yellowtail fed the experimental diets for twenty weeks

Factor		Experimental groups			
		FM50	FM0	FM0→50 (N)	FM0→50 (D)
Body weight (g)*	Initial	2,674.9±256.4	2,678.8±278.7	2,665.8±294.5	2,697.6±266.5
	Final	4,502.0±587.6 ^a	3,762.6±521.9 ^b	4,480.8±512.0 ^a	4,274.6±461.8 ^a
Condition factor*	Initial	15.3±1.0	15.3±0.8	15.3±0.7	15.3±0.9
	Final	21.0±1.5 ^a	18.6±1.2 ^b	21.0±1.1 ^a	20.5±1.5 ^a
Daily weight gain (%/ day)		0.36	0.24	0.36	0.32
Daily feeding ratio (%/ day)		0.82	0.79	0.88	0.87
Feed conversion ratio		2.31	3.74	2.42	2.68
Survival rate (%)		100	92.3	100	100
Increased unit price		100	111.4	111.2	117.2

* Data are shown as mean ± standard deviation ($n = 31-39$). Values having different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

Table 5. Changes of blood condition and haematochemical characteristics in yellowtail fed the experimental diets for twenty weeks

Factor	Initial	Final			
		FM50	FM0	FM0→50 (N)	FM0→50 (D)
Hematocrit value (%)	55.7±2.5	60.4±3.6 ^a	49.9±2.4 ^b	55.3±7.1	55.3±3.9
Hemoglobin (g/dl)	16.4±1.7	18.3±0.8 ^a	16.1±0.7 ^b	17.7±1.7	17.9±0.6
Total cholesterol (mg/dl)	306.7±86.2	425.8±22.9 ^a	309.2±42.8 ^b	415.4±46.1 ^a	434.8±21.4 ^a
Triglyceride (mg/dl)	96.3±11.5	330.2±117.5	251.2±109.0	263.2±140.2	293.4±116.7
Total protein (g/dl)	4.0±0.8	5.2±0.7	4.2±0.4 ^a	5.2±0.8	5.4±0.7 ^b
GOT(U/l)	123.7±52.8	75.0±20.8	68.5±30.4	34.3±14.2	40.8±16.3
GPT(U/l)	18.7±5.5	12.6±2.9	15.4±5.7	13.0±9.2	13.6±6.3
Glucose (g/dl)	256.7±23.6	129.4±13.4	122.2±13.8	122.6±15.6	128.0±13.2
Total bilirubin (g/dl)	0.1±0.1	0.1±0.1	0.1±0.0	0.1±0.0	0.2±0.2

* Data are shown as mean ± standard deviation (Initial: $n = 3$, Final: $n = 5$). Values having different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

* Final total cholesterol: 450 mg/dl or more shall be 450 mg/dl {FM50 and FM0→50 (N): $n = 2$, FM0→50 (D): $n = 3$ }

* Final triglyceride: 500 mg/dl or more shall be 500 mg/dl {FM50 and FM0→50 (N): $n = 1$ }

* Calculation excluding abnormal values: Final GOT {FM0: $n = 2$, FM0→50 (N) and FM0→50 (D): $n = 4$ }, Final total bilirubin {FM50, FM0→50 (N) and FM0→50 (D): $n = 3$ }

Table 6. Color tone of dorsal common muscle and dark muscle on December 18

		L*	a*	b*
Dorsal common muscle	FM50	50.01 ± 3.29	-2.48 ± 0.49	6.45 ± 1.19
	FM0	46.41 ± 2.54	-2.52 ± 0.50	5.24 ± 0.58
dark muscle	FM50	48.26 ± 2.41	17.97 ± 1.48	19.11 ± 0.47
	FM0	44.97 ± 1.92	18.61 ± 2.42	17.56 ± 2.03

* Data are shown as mean ± standard deviation (n = 4) .

Table 7. Proximate composition of dorsal and ventral common muscle on December 18 (%)

		Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
Dorsal common muscle	FM50	63.9 ± 2.2	23.0 ± 0.6 ^a	11.2 ± 2.0	1.2 ± 0.0
	FM0	66.0 ± 2.5	24.8 ± 0.8 ^b	7.9 ± 3.0	1.3 ± 0.1
Ventral common muscle	FM50	59.5 ± 1.7	21.0 ± 0.8	18.3 ± 2.9	1.1 ± 0.0
	FM0	61.0 ± 2.5	22.1 ± 0.9	15.6 ± 3.3	1.2 ± 0.0

* Data are shown as mean ± standard deviation (n = 4) . Values having different superscript letters are significantly different (p < 0.05) .

肉質分析

Table 6に背側普通筋および血合筋の色調を示す。FM50区はFM0区より背側普通筋および血合筋のL*値およびb*値が高く、a*値の背側普通筋が高く、血合筋が低かったが、有意差はみられなかった。

Table 7に背側および腹側普通筋の一般成分を示す。FM50区はFM0区より背側および腹側普通筋の粗タンパク質が低く、粗脂肪が高く、背側普通筋の粗タンパク質では有意差がみられた。

Table 8に背側普通筋の脂肪酸組成を示す。FM50区はFM0区よりミリスチン酸(14:0)、パルミチン酸(16:0)、ヘキサデセン酸(16:1)、エイコセン酸(20:1)、アラキドン酸(20:4n-6)、EPA(20:5n-3)、エルカ酸(22:1)、ドコサペンタエン酸(22:5n-3)およびDHA(22:6n-3)が有意に高く、オレイン酸(18:1)、リノール酸(18:2n-6)、α-リノレン酸(18:3n-3)およびアラキジン酸(20:0)が有意に低かった。

Table 9に背側普通筋の熱水抽出エキスにおける遊離アミノ酸含量、核酸関連物質および乳酸含量を示す。FM50区はFM0区よりタウリン、プロリン、アラニン、2-ABA、メチオニン、ロイシン、カルノシン、アンセリン、リシンおよびアデノシ

ン三リン酸が有意に低かった。

Fig. 2に背側普通筋の味分析結果を示す。FM0区は、FM50区より旨味と旨味コクの味質項目の推定値が高い傾向を示したが有意差はみられなかった。

Fig. 3に背肉のにおいの強さを示す。FM0区は、FM50区よりにおいの強さを示す臭気指数相当値が有意に高かった。

Fig. 4に背肉のにおいの質(類似度)を示す。FM0区は、FM50区より硫化水素が有意に高く、アンモニアが有意に低かった。

Fig. 5に背肉のにおいの質(臭気寄与)を示す。FM0区は、FM50区より硫化水素が有意に高かった。

Table 10に背側普通筋および血合筋の呈味評価を示す。FM0区は、FM50区より男性の評価が高い傾向であったが、女性の評価は同等であり、有意差はみられなかった。

考 察

津崎ら⁴⁾が作製した無魚粉飼料は、魚粉50%の代替タンパク源として、植物性タンパク源区が濃縮大豆タンパク質30%をベースに大豆油粕11%

Table 8. Fatty acid composition of dorsal common muscle on December 18 (%)

Fatty acid	FM50	FM0
14:0	4.0±0.08 ^a	3.6±0.04 ^b
15:0	0.5±0.00	0.4±0.00
16:0	16.9±0.19 ^a	16.4±0.14 ^b
16:1	5.4±0.05 ^a	4.9±0.06 ^b
16:2	0.4±0.00	0.3±0.00
16:3	0.3±0.04	0.3±0.00
16:4	0.4±0.00	0.3±0.00
17:0	0.4±0.00	0.4±0.00
17:1	0.4±0.00	0.4±0.05
18:0	3.7±0.12	3.5±0.09
18:1	23.3±0.37 ^a	26.6±0.40 ^b
18:2n-6	6.3±0.10 ^a	8.6±0.05 ^b
18:3n-3	1.4±0.04 ^a	1.7±0.04 ^b
18:4n-3	1.4±0.00	1.3±0.00
20:0	0.2±0.04 ^a	0.3±0.00 ^b
20:1	4.0±0.08 ^a	3.9±0.08 ^b
20:2n-6	0.3±0.00	0.3±0.00
20:3n-6	0.1±0.04	0.1±0.00
20:3n-3	0.1±0.00	0.1±0.00
20:4n-6	0.9±0.00 ^a	0.8±0.04 ^b
20:4n-3	0.7±0.00	0.7±0.04
20:5n-3	6.6±0.10 ^a	5.8±0.09 ^b
21:5n-3	0.4±0.00	0.3±0.00
22:0	0.1±0.05	0.1±0.00
22:1	2.7±0.13 ^a	2.5±0.00 ^b
22:4n-6	0.2±0.00	0.2±0.00
22:5n-6	0.4±0.05	0.4±0.00
22:5n-3	2.6±0.04 ^a	2.3±0.04 ^b
22:6n-3	12.5±0.15 ^a	10.9±0.29 ^b
24:0	0.0±0.00	0.0±0.00
24:1	0.4±0.04	0.4±0.00

* Data are shown as mean ± standard deviation (n = 4). Values having different superscript letters are significantly different (p < 0.05).

とコーングルテンミールを 12%, 動物性タンパク源区がポークミール 30%をベースにフェザーミールと血粉をそれぞれ 3%配合している。また, 健康維持のためにタウリン 1%, アミノ酸混合 2.2%およびリン酸カルシウム 2%を補足し, 摂餌促進のためにオキアミミール 3%, カツオの煮汁濃縮物 (カツオペプチド) 0.5%またはサバの内臓等を発酵させた魚醬 0.5%を飼料表面に噴霧し, さ

Table 9. Free amino acid content, nucleic acid related substance and lactic acid content in hot water extract of dorsal common muscle on December 18 (mg/100 ml)

Free amino acid	FM50	FM0
Taurine	2.21 ^a	4.14 ^b
Hydroxyproline	0.05	0.07
Threonine	0.73	1.39
Serine	0.59	0.57
Glutamic acid	1.79	2.98
Sarcosine	0.76	0.65
Proline	0.14 ^a	1.67 ^b
Glycine	0.80	1.58
Alanine	3.42 ^a	7.94 ^b
2-Aminobutyric acid	0.07 ^a	0.13 ^b
Valine	0.54	0.70
Methionine	0.35 ^a	0.49 ^b
Isoleucine	0.35	0.47
Leucine	0.60 ^a	0.84 ^b
Tyrosine	0.39	0.35
Phenylalanine	0.26	0.32
b-Alanine	0.02	0.03
b-Aminoisobutyric acid	0.00	0.00
b-Aminobutyric acid	0.01	0.02
Histidine	198.46	198.69
Carnocine	0.02 ^a	0.20 ^b
Anserine	6.25 ^a	8.33 ^b
Hydroxylysine	0.01	0.04
Ornithine	1.32	1.73
Lysine	4.84 ^a	7.90 ^b
Arginine	0.44	0.43
Total	224.41	241.65
Adenosine triphosphate	0.25 ^a	0.33 ^b
Adenosine diphosphate	1.79	1.72
Adenosine monophosphate	0.40	0.37
Inosine monophosphate	25.42	27.66
Hypoxanthine riboside	0.60	0.49
Hypoxanthine	1.84	2.25
Total	30.29	32.82
Lactate	141	144

* n = 4. Values having different superscript letters are significantly different (p < 0.05).

らに消化吸収機能が高めるために酵素混合液 0.2%を添加している。試験飼料の一般成分は, 粗タンパク質が 37~42%, 粗脂肪含量が 16~19% およびリン含量が 9~16 mg/g であった。魚粉 50% 飼料並びに無魚粉飼料 3 種類を用いて, ブリ 1 歳魚を 7 月 24 日から 10 月 22 日までの高水温期 (水温 29.2~22.8°C), それから 1 月 21 日までの低水温期 (水温 23.3~12.8°C) で評価しているが, 高水温期は無魚粉飼料が魚粉 50%飼料とほぼ同等の成長であったが, 低水温期には若干劣る成長となった。

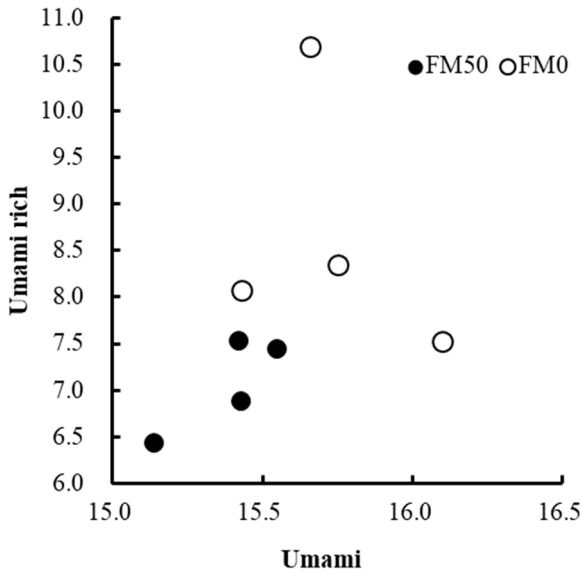


Fig. 2. Taste analysis results of dorsal common muscle on December 18

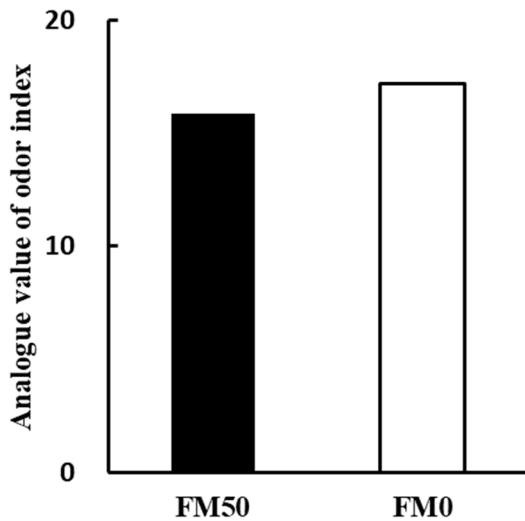


Fig. 3. The strength of the odor of dorsal common muscle on December 18

本試験の無魚粉飼料は、飼料単価を抑制するため、価格の高い濃縮大豆タンパク質を 24%とし、コーングルテンミール 21%、チキンミールおよびフェザーミールをそれぞれ 5%配合してタウリン等を同様に添加した。摂餌促進のため、カツオペプチドを 0.5%添加していたので摂餌状況に問題は感じられなかったが、魚粉 50%飼料と比べて、体重や肥満度がブリ飼育の適水温である 23~25

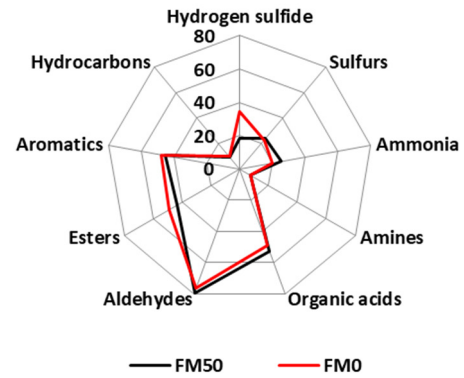


Fig. 4. Quality of odor of dorsal common muscle on December 18 (similarity)

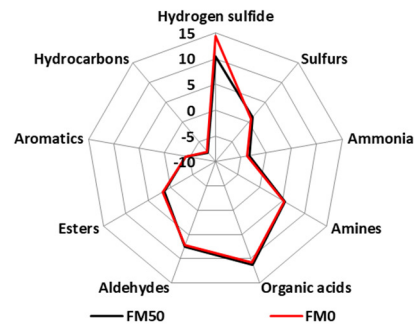


Fig. 5. Quality of odor of dorsal common muscle on December 18 (contributed odor index)

Table 10. Taste evaluation of dorsal common muscle and dark muscle on December 18

	Dorsal common muscle		Dark muscle	
	FM50	FM0	FM50	FM0
Man	7	15	9	13
Woman	14	14	14	14
Total	21	29	23	27

*n = 25

°Cにおいても劣り、飼育期間が長くなるほどその差が大きくなった。試験飼料の一般成分は、粗タンパク質が 38~42%、粗脂肪含量が 22~27%およびリン含量が 13 mg/g 前後であり、津崎らの試験飼料と比べて粗脂肪含量がやや高いものの、成分的に問題はないと考えられた。津崎らの飼育試験は、本試験よりさらに高水温から始めているが、水温が 12°Cまで低下しても成長の差は若干で

あり, 今回の無魚粉飼料は魚粉 50%飼料よりも物性が硬く感じられたので消化吸収面で何らかの悪影響があり, 成長が劣る要因になったものと推察された。

11月および12月に無魚粉飼料から魚粉 50%飼料に変更することで成長は改善したものの, 増肉単価は, 無魚粉飼料給餌区が魚粉 50%飼料給餌区より1割程度高くなった。石田ら⁵⁾が作製した魚粉 50%飼料から魚粉 30%飼料への代替タンパク源としては, 廉価なチキンミールを20%にコーングルテンミールと大豆油粕を用い, 価格の高い濃縮大豆タンパク質を用いておらず, 原料価格ベースで約10%のコストダウンに加え, 成長が飼料の変更前でも魚粉 50%飼料と同等で, 変更後では魚粉 50%飼料を上回ったことから, 12月変更区では約14%, 11月変更区では約7%の増肉単価の低下に繋がっている。本試験の無魚粉飼料は, 原料価格ベースで約20%のコストダウンであるが, 無魚粉飼料から魚粉 50%飼料の変更区における成長が飼料の変更前で魚粉 50%飼料より有意に低く, 変更後にFM50区を上回っているが, 変更前の成長差が大きかったため, 増肉コストが上回ってしまったものと考えられた。

血液性状と血漿成分は, FM0区がFM50区よりHt値, Hb量およびTCHOで有意に低く, 消化吸収面で何らかの悪影響があったことが窺われた。無魚粉飼料区のへい死は, ベネデニア症やノカルジア症が確認されたものの, 12週目以降のへい死がなかったことからブリの健全性に悪影響を及ぼすほどではなかったと考えられた。

肉質分析は, FM50区がFM0区より背側普通筋および腹側普通筋の粗タンパク質が低く, 粗脂肪が高かったのは, 魚粉 50%飼料が無魚粉飼料より粗タンパク質が2%程度低く, 粗脂肪が4%程度高い冬期用飼料を1ヶ月半程度給餌した影響と考えられた。背側普通筋の脂肪酸組成は, FM50区がFM0区よりDHA, EPAおよびパルミチン酸等が高かったのは, 魚油配合が3.5%高い冬期用飼料を1ヶ月半程度給餌した影響が出ており, オレイン酸およびリノール酸等が低かったのはコーン

グルテンミールに含まれるコーン油にはオレイン酸やリノール酸の割合が高いためその影響が出たものと考えられた。背側普通筋の熱水抽出エキスの遊離アミノ酸含量は, FM50区がFM0区よりリシン, タウリンおよびメチオニン等で低かったのは無魚粉飼料にタウリンやアミノ酸ミクスチャーを強化した影響と考えられた。背側普通筋の味分析結果は, FM0区がFM50区より旨味と旨味コクの味質項目の推定値が高い傾向を示し, 背肉のにおいの強さでは, FM0区がFM50区より臭気指数相当値が有意に高く, 背肉のにおいの質(類似度)では, FM0区がFM50区より硫化水素が有意に高く, アンモニアが有意に低く, 背肉のにおいの質(臭気寄与)では, FM0区がFM50区より硫化水素が有意に高い結果が得られた。しかし, 背側普通筋および血合筋の呈味評価では, FM0区がFM50区より男性の評価が高い傾向であったが, 女性の評価は同等で有意差がみられなかったことから官能的に影響が出るほどではなかったと考えられた。

以上のことから, 今回の無魚粉飼料は, 魚粉 50%飼料への変更で成長が改善するものの増肉単価が高くなったのは, 消化吸収面で何らかの悪影響があり, 成長が劣る要因になったものと推察されたことから飼料組成の見直しを行い, 改善を図っていきたい。

謝 辞

本研究は, 水産庁委託事業「養殖魚安定生産・供給技術開発委託事業」により行ったものである。試験実施に当たっては長崎県総合水産試験場職員の方々に協力を賜りました。記して関係各位に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 渡邊 武, 青木秀夫, V. ウイヤカーン, 舞田正志, 山形陽一, 佐藤秀一, 竹内俊郎. ブリ用ソフトドライペレットにおける魚粉代替タンパク質の併用配合による利用性. 水産増殖 1995. 43: 511-520.

- 2) Aoki H, Sanada Y, Furuichi M, Kimoto R, Maita M, Akimoto A, Yamagata Y, Watanabe T. Partial or complete replacement of fish meal by alternate protein sources in diets for yellowtail and red sea bream. *Suisanzoshoku* 2000. 48 : 53-63.
- 3) 棚野元秀, 長野泰三, 佐藤秀一, 白鳥 勝, 植田 豊. ブリ養殖現場で確認した低魚粉飼料へのタウリン添加効果. *水産増殖* 2009. 57 : 595-600.
- 4) 津崎龍雄, 吉田一範, 堀田卓朗, 中川雅弘, 山田真之, 佐藤秀一, 興石友彦, 前野幸二, 秋山敏男, 石田典子. 完全無魚粉化 extruded-pellet (EP) 飼料を用いたブリ *Seriola quinqueradiata* の長期飼育試験. *水産増殖* 2015. 63 : 29-38.
- 5) 石田典子, 松尾 斉, 松倉一樹, 山下浩史, 安藤嘉英, 柳 宗悦, 興石友彦, 佐藤秀一. ブリ用低魚粉飼料による増肉コスト低減に向けた取り組み, *アクアネット* 2017. 8 : 22-28.
- 6) Murata Y, Touhata K, Miwa R. Correlation of extractive components and body index with taste in oyster *Crassostrea gigas* brands. *Fisheries Science* 2020. 86 : 561-572.