

異なる餌料で養成したマダイ体成分の比較

森岡克司, 森木竜也, 伊藤慶明, 小島 渥

(1997年12月8日受付)

Comparison of Chemical Components in the Muscle of Red Sea Bream Fed Different Diets

Katsuji Morioka,* Tatsuya Moriki,*
Yoshiaki Itoh,* and Atsushi Obatake*

Proximate, fatty acid, and free amino acid compositions in the muscle of cultured red sea bream fed moist pellet (MP-fish) were compared with those of the fish fed fresh bait (FB-fish). Lipid accumulation in the abdominal cavity of both fish was also examined.

The lipid content in the muscle of MP-fish was almost the same as that of FB-fish. On the other hand, the content of lipid in the abdominal cavity of MP-fish was higher than that in FB-fish. In the fatty acid composition of muscle non-polar lipid, the percentages of C18:1 n-9 and C18:2 n-6 in MP-fish were higher than in FB-fish, while the percentage of C22:6 n-3 was lower in the former than in the latter. Fatty acid composition of muscle non-polar lipid was affected by the bait.

Free amino acid composition was also affected by the bait. The content of Anserine in MP-fish was higher than that in FB-fish, while the contents of Lys, His, and Arg were much lower.

キーワード: マダイ, モイストペレット, 生餌, 筋肉, 一般成分, 遊離アミノ酸, 脂肪酸

養殖マダイは、日本の魚類の海面養殖業の総生産量の約4分の1を占めており、主要な養殖魚の一つである。海面養殖には、従来、マイワシ類を中心とする生餌が用いられてきたが、近年のマイワシ資源の減少、それに伴う生餌価格の高騰、さらには残餌による環境汚染などの諸問題により生餌から配合飼料への転換が進んできている。特にマダイでは配合飼料の普及率が1992年で約64%にまで達しており、今後この増加傾向はさらに続くと考えられる。

養殖マダイの体成分、特に脂質は、餌料の影響を強く受けるとされており、その過剰な蓄積を減らすため、栄養学的見地からの餌料の研究¹⁻⁵⁾や飼育環境⁶⁾に関する研究が多くなされてきた。一方、養殖マダイの肉質、特に化学成分に関しては、食品化学の見地から、天然魚との比較で多数の研究⁷⁻¹³⁾が見られるが、餌料の異なる養殖魚の品質に関する研究は、森下¹⁴⁻¹⁶⁾がマダイで、井岡、山中¹⁷⁾がヒラメで報告しているのみである。配合飼料で養成したマダイと生餌で養成したものとでは、化学成分あるいは、その肉質が異なることが予想される

が、同じ養殖現場で餌料のみを替えて飼育したマダイを比較した例はない。

そこで本研究では同じ養殖場で長期間(約1年間)マイワシを主体とした生餌で養成した魚とモイストペレットで養成した魚の筋肉の一般成分、脂肪酸組成および遊離アミノ酸組成の変動を調べ、マダイ体成分に及ぼす餌料の影響を検討した。また、腹腔内脂肪組織を含む内臓の脂質含量を調べ、腹腔内への脂質の蓄積に及ぼす餌料の影響についてもあわせて検討した。

実験方法

供試魚 養殖マダイ *Pagrus major* は、高知県野見湾勢井漁場で養成されたものを用いた (Table 1)。すなわち、マダイ 20カ月魚を1993年11月から1994年12月まで2小区割りに各4177尾ずつ収容して、冷凍マイワシを中心とした生餌および大豆かすオレゴンモイストペレットを給餌して養成したものを、飼育7カ月、10カ月および飼育終了時(13カ月)に各5尾ずつ採集し、生餌養成魚(生餌魚)およびモイストペレット養成魚

* 高知大学農学部水産利用学研究室 (Laboratory of Aquatic Product Utilization, Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783-8502, Japan).

Table 1. Cultured and wild red sea bream used for analyses*1

	Baits	Before rearing (Nov. 11, 1993)*2	Rearing period (months)		
			7 (Jun. 30, 1994)	10 (Sep. 22, 1994)	13 (Dec. 6/12, 1994)
Body length (cm)	Fresh bait	29.2±2.1	35.2±1.3	37.6±3.4	41.1±1.4
	Moist pellet	—	36.1±1.3	39.2±1.4	41.7±1.1
	Wild fish*3	—	41.0	51.0	—
Body weight (g)	Fresh bait	617±135	1024±134	1219±260	1490±98
	Moist pellet	—	1018±18	1262±48	1521±109
	Wild fish	—	1275	2655	—
Condition*4 factor	Fresh bait	24.5±1.1	23.3±0.6	22.7±1.1	21.6±1.6
	Moist pellet	—	21.7±2.4	21.0±2.1	21.0±0.6
	Wild fish	—	18.3	19.9	—

*1 Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).

*2 Date of sampling.

*3 Average of two fish.

*4 Body weight/(Body length)³×10³.

(MP 魚) として実験に供した。なお、対照として飼育 7 カ月および 10 カ月魚を採集した日に高知県須崎湾で漁獲された天然マダイを分析に供した。

試料部位の採集 各マダイは、頭部を除去し、腹部を割いて腹腔内脂肪組織を含む内臓を摘出した後、三枚に卸した。筋肉部については尻鰭前部を境にして前部肉と尾部肉に分け、さらに前部肉については脊椎骨を境に背部肉と腹部肉に分けた後、皮、骨および血合肉を除去した。これらを背前部普通肉、腹部普通肉および尾部肉として用いた。また、内臓部を肝臓とそれ以外の部位に分け、後者についてはさらに消化管の内容物を除去した残りを腹腔内脂肪組織を含む内臓とした。各試料魚から採取した普通肉および腹腔内脂肪組織を含む内臓は、包丁で均一に細切後、また、肝臓は乳鉢で磨砕後、その一定量をそれぞれ一般成分並びに遊離アミノ酸分析に供した。これら一連の操作は、低温下 (約 8°C) で行った。

一般成分組成の測定 水分は加熱乾燥法で、粗タンパク質はミクロケルダール法で、粗灰分は乾式加熱法で求めた。脂質は Bligh & Dyer 法¹⁸⁾に従い、クロロホルム-メタノールで抽出し、定量後、脂質組成および脂肪酸組成の分析まで -80°C で保存した。なお、脂質の抽出過程および保存中の酸化を防ぐために、0.001% のブチルヒドロキシトルエン (BHT) を溶かしたクロロホルムおよびメタノールを用いた。

脂質成分の分析 全脂質を Juaneda と Rocquelin の方法¹⁹⁾に従い、Sep-Pack シリカカートリッジ (Waters 製) を用いて非極性脂質 (NL) および極性脂質 (PL) に分画・定量後、両脂質から簡便前処理法²⁰⁾で脂肪酸メチルエステルを調製し、水素炎イオン化検出

器を装備した島津製ガスクロマトグラフで測定した。なお、分析条件は以下の通りである。カラムは CBP-20 キャピラリーカラム (島津製強極性カラム、長さ: 50 m、内径: 0.22 mm) を用い、カラム温度は 150°C から 230°C まで 2°C/分 で昇温後、一定とし、試料注入温度および検出器の温度は 250°C とした。脂肪酸組成は島津製クロマトバック CR-6A で求めた。なお、脂肪酸の同定は標準品として C14: 0, C16: 0, C18: 0, C18: 1n-9, C18: 2n-6, C18: 3n-3, C20: 0, C20: 1n-9, C20: 4n-6, C20: 5n-3, C22: 6n-3 を用いて保持時間の比較により行うとともに、相対保持時間および ECL 値の文献値²¹⁾との比較で行った。

遊離アミノ酸組成の分析 背部普通肉に等量の 10% トリクロロ酢酸 (TCA) 溶液を加え、ワーリングブレンダーを用いて 10,000×g で 3 分間抽出後、濾過し、除タンパクして得られた濾液を TCA 抽出液としてエキス窒素の定量および遊離アミノ酸分析に用いた。遊離アミノ酸の分析には、日立 835 形高速アミノ酸自動分析計を使用し、Li+生体試料分析法によりアミノ酸含量を求めた。

結果および考察

一般成分組成の変動 生鮮魚、MP 魚および天然魚の背部普通肉、腹部普通肉および尾部普通肉の一般成分組成を Table 2 に示した。粗タンパクおよび粗灰分については、三魚間に飼育期間を通じて余り差は認められなかった。

脂質では、いずれの魚も、腹部普通肉の脂質含量が最も高く、次いで尾部普通肉、背部普通肉の順となった。

Table 2. Proximate compositions of cultured and wild red sea bream*1

	Portions	Baits	Rearing period (months)		
			7	10	13
Moisture	D.O.M*2	Fresh bait	73.4±0.8	74.2±1.4	72.8±1.0
		Moist pellet	74.4±0.9	74.1±0.6	73.3±0.6
		Wild fish	77.2	77.5	—
	V.O.M	Fresh bait	68.6±3.1	65.5±1.6	67.1±0.6
		Moist pellet	69.4±2.1	66.7±2.3	66.5±0.7
		Wild fish	78.9	76.0	—
	T.M.	Fresh bait	72.2±1.1	73.6±1.5	72.3±0.4
		Moist pellet	73.4±1.2	73.4±0.9	72.9±1.2
		Wild fish	78.2	77.8	—
Crude protein	D.O.M	Fresh bait	22.8±0.3	22.0±1.0	22.9±0.7
		Moist pellet	22.5±0.7	22.3±0.2	22.5±0.3
		Wild fish	19.9	20.8	—
	V.O.M	Fresh bait	20.6±1.6	19.8±1.0	20.8±0.7
		Moist pellet	20.4±2.1	20.0±0.4	20.7±0.4
		Wild fish	19.1	20.6	—
	T.M.	Fresh bait	21.4±0.6	21.6±0.9	22.1±0.3
		Moist pellet	21.4±0.4	21.8±0.2	22.4±0.7
		Wild fish	20.8	20.9	—
Lipid	D.O.M	Fresh bait	3.3±0.5	3.1±0.4	2.9±0.5
		Moist pellet	2.2±0.4	2.5±0.5	3.0±0.5
		Wild fish	0.7	0.8	—
	V.O.M	Fresh bait	9.4±3.3	14.9±3.7	11.4±2.0
		Moist pellet	9.3±1.7	13.6±2.5	13.1±2.2
		Wild fish	1.1	2.9	—
	T.M.	Fresh bait	5.4±2.1	4.2±1.2	4.0±0.6
		Moist pellet	4.0±1.0	4.4±1.7	4.5±1.4
		Wild fish	0.8	0.9	—
Ash	D.O.M	Fresh bait	1.5±0.1	1.3±0.1	1.3±0.1
		Moist pellet	1.5±0.1	1.3±0.1	1.4±0.0
		Wild fish	1.5	1.2	—
	V.O.M	Fresh bait	1.3±0.1	1.0±0.1	1.1±0.1
		Moist pellet	1.3±0.1	1.1±0.1	1.2±0.1
		Wild fish	1.2	1.2	—
	T.M.	Fresh bait	1.4±0.1	1.2±0.1	1.3±0.0
		Moist pellet	1.4±0.1	1.3±0.1	1.3±0.1
		Wild fish	1.2	1.2	—

*1 Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).

*2 Abbreviations are as follows;

D.O.M: dorsal ordinary meat, V.O.M: ventral ordinary meat, T.M.: tail meat.

生餌魚では、背部普通肉および尾部普通肉の脂質含量が若干減少する傾向であった。また、生餌魚の腹部普通肉の脂質含量も飼育10カ月で増加するものの、飼育13カ月で減少し、飼育7カ月魚とはほぼ同じ値となった。一方、MP魚では、飼育7カ月では生餌魚に比べてい

ず、この部位でもその脂質含量が低かったが、飼育期間が長くなるにつれていずれの部位でも増加し、最終的には生餌魚より高くなった。

肝臓および腹腔内脂肪組織を含む内臓（肝臓を除く）の脂質含量を調べた（Table 3）。両組織の脂質含量の変

動は、腹部普通肉のそれとよく一致していた。すなわち、飼育7カ月魚では、生餌魚とMP魚の脂質含量は、近い値を示したが、飼育13カ月魚ではMP魚で高くなった。森下ら¹⁴⁾は、異なる養殖場で養成された生餌魚

(平均体重887g)およびMP魚(同728g)の1年魚を用いてその体成分を比較しており、普通肉の脂質含量に差は認められなかったものの、内臓部ではMP魚は生餌魚に比べて脂質含量が約10%少なかったと報告している。今回、飼育7カ月魚では森下らの報告と同傾向を示したものの、飼育13カ月魚では、逆の結果となった。生餌として用いるイワシ類、イカナゴ、サバ類など回遊魚の脂質含量は、季節的に変動するが、モイストペレットの場合、肝油などを加えるため比較的脂質含量が一定に保てるため、長期の飼育では、逆に内臓部への脂質の蓄積が進んだのかもしれない。ただ、森下らの場合、我々の場合と異なり、比較に用いた魚体の体長・体重にかなり差があり、このことが脂質の蓄積傾向に差を生んだ可能性も考えられる。

脂肪酸組成の変動 背部普通肉、腹部普通肉および肝臓のNL並びにPLの脂肪酸組成をそれぞれTable4並びにTable5に示した。

Table 3. Lipid contents of liver and viscera of cultured and wild red sea bream*

	Baits	Rearing period (months)		
		7	10	13
Liver	Fresh bait	13.8±1.1	36.1±14.7	23.3±4.0
	Moist pellet	12.8±2.3	28.8±7.3	32.4±5.1
	Wild fish	6.1	4.0	—
Viscera	Fresh bait	64.2±9.1	69.8±10.4	68.1±6.5
	Moist pellet	52.0±14.9	77.8±5.0	82.1±3.5
	Wild fish	3.4	14.8	—

* Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).

Table 4-1. Fatty acid compositions of non-polar lipids extracted from the dorsal ordinary meat(%)*1

Fatty acid	Rearing period (months)				Wild fish
	7		13		
	Fresh bait	Moist pellet	Fresh bait	Moist pellet	
14:0	3.8±0.2	4.1±0.2	4.0±0.3	4.2±0.2	4.3
15:0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.7
16:0	19.4±0.9	18.3±0.5	20.2±0.6	19.1±0.5	20.9
16:1n-9	0.4±0.3	0.5±0.3	0.6±0.0	0.6±0.0	tr*2
16:1n-7	5.7±0.4	5.6±0.2	5.6±0.2	5.8±0.1	6.0
17:0	0.5±0.0	0.5±0.0	1.0±0.1	0.8±0.0	1.6
18:0	4.9±0.3	5.1±0.1	5.4±0.3	5.0±0.2	6.7
18:1n-9	15.5±1.4	17.7±1.0	15.9±1.6	17.7±1.2	11.2
18:1n-7	3.1±0.1	3.6±0.2	3.3±0.1	3.7±0.1	4.2
18:2n-6	1.1±0.1	2.8±0.1	1.0±0.1	3.2±0.1	1.1
18:3n-3	0.6±0.0	0.6±0.0	0.5±0.0	0.7±0.0	0.6
18:4	1.0±0.1	0.9±0.1	0.9±0.1	1.0±0.1	0.9
20:0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.4
20:1n-11	1.9±0.1	2.5±0.3	1.6±0.2	2.2±0.1	0.4
20:1n-9	1.6±0.1	2.0±0.1	1.7±0.0	2.0±0.1	1.5
20:4n-6	0.8±0.1	0.9±0.0	0.8±0.0	0.8±0.0	1.9
20:4n-3	0.9±0.1	0.9±0.0	0.8±0.1	0.9±0.0	0.7
20:5n-3	7.7±0.5	7.2±0.3	8.1±0.7	7.6±0.2	4.1
22:1n-11	2.0±0.1	2.3±0.3	1.8±0.2	2.1±0.1	0.5
22:1n-9	0.3±0.0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.5±0.0	0.5
22:5n-3	2.5±0.2	3.0±0.0	2.7±0.1	3.0±0.1	2.7
22:6n-3	19.2±1.5	15.3±0.7	18.2±0.5	13.8±0.5	17.6
others	5.0±0.9	5.1±0.6	4.9±0.2	4.8±0.3	11.5

*1 Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).

*2 trace.

Table 4-2. Fatty acid compositions of non-polar lipids extracted from the ventral ordinary meat (%)^{*1}

Fatty acid	Rearing period (months)				Wild fish
	7		13		
	Fresh bait	Moist pellet	Fresh bait	Moist pellet	
14 : 0	4.0±0.2	4.4±0.2	4.2±0.3	4.4±0.2	5.2
15 : 0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.6
16 : 0	19.2±0.4	17.7±0.5	19.8±0.5	18.6±0.7	22.2
16 : 1n-9	0.4±0.3	0.4±0.3	0.6±0.1	0.7±0.1	tr ^{*2}
16 : 1n-7	6.2±0.4	5.8±0.3	6.1±0.3	5.9±0.1	6.9
17 : 0	0.5±0.0	0.5±0.0	1.0±0.1	0.9±0.0	1.1
18 : 0	4.8±0.1	4.9±0.3	5.2±0.3	5.0±0.2	5.8
18 : 1n-9	15.6±1.1	18.2±0.9	16.0±1.5	18.1±1.0	12.9
18 : 1n-7	3.1±0.1	3.6±0.2	3.4±0.1	3.8±0.1	5.2
18 : 2n-6	1.1±0.1	3.5±0.2	1.0±0.1	3.5±0.1	1.3
18 : 3n-3	0.5±0.2	0.7±0.0	0.5±0.0	0.7±0.0	0.8
18 : 4	1.0±0.2	1.0±0.0	1.0±0.1	1.1±0.1	1.3
20 : 0	0.3±0.0	0.4±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.4
20 : 1n-11	1.9±0.2	2.7±0.3	1.6±0.2	2.3±0.1	0.4
20 : 1n-9	1.6±0.1	2.2±0.1	1.7±0.1	2.1±0.1	1.3
20 : 4n-6	0.8±0.0	0.9±0.0	0.8±0.0	0.8±0.0	1.3
20 : 4n-3	0.9±0.0	0.9±0.0	0.8±0.1	0.9±0.0	0.9
20 : 5n-3	8.0±0.3	7.2±0.3	8.3±0.6	7.7±0.2	7.3
22 : 1n-11	2.1±0.1	2.4±0.3	1.9±0.2	2.1±0.1	0.3
22 : 1n-9	0.4±0.0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.5±0.0	0.4
22 : 5n-3	2.6±0.1	3.1±0.0	2.7±0.2	3.0±0.2	2.9
22 : 6n-3	18.3±0.6	12.9±0.6	17.3±0.5	12.5±0.5	13.7
others	6.3±0.7	5.9±0.4	5.2±0.4	4.8±0.4	7.5

^{*1} Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).

^{*2} trace.

すべての試料魚で主な脂肪酸は、NLではC16:0, C18:1n-9, C22:6n-3, C16:1n-7, 18:0, 20:5n-3, PLではC22:6n-3, C16:0, C18:1n-9, 18:0, 20:5n-3などであった。

各部位の脂肪酸組成についてみると、背部普通肉のNLでは、天然魚でC16:1n-7, C18:0の割合が生餌魚およびMP魚に比べて高く、逆にC18:1n-9, 20:5n-3の割合が低かった。腹部普通肉NLでも同様の傾向が認められた。一方、肝臓NLでは、天然魚でC16:0, C16:1n-7, の割合が生餌魚およびMP魚に比べて高く、逆にC20:5n-3, C22:6n-3の割合が低かった。生餌魚とMP魚では、生餌魚の背部普通肉NLでC22:6n-3の割合が高く、逆にC18:1n-9, C18:2n-6の割合が低くなった。

一方、PLでは、いずれの部位も非常に似た脂肪酸組成を示し、また、試料魚間でもMP魚でC22:6n-3の割合が生餌魚に比べて若干低くなった以外、顕著な差は

認められなかった。

一般に魚の脂質の脂肪酸組成は、餌の影響を受けると言われているので生餌およびモイストペレットの全脂質の脂肪酸組成を調べ、NLおよびPLの脂肪酸組成との関係を調べた。Table 6に示したように、生餌では、C16:0, C20:5n-3, C22:6n-3, C14:0の割合がモイストペレットに比べて高く、逆にC18:1n-9, C18:2n-6の割合が低く、この傾向は、普通肉NLと一致しており、普通肉NLの脂肪酸組成の差異は、餌由来であることが確認された。しかし、PLではMP魚でC18:2n-6の割合が生餌魚に比べて高くなった以外は、餌の脂肪酸組成とで大きな類似性は認められなかった。

普通肉の遊離アミノ酸組成の変動 試料魚の背部普通肉の遊離アミノ酸組成をTable 7に示した。エキス窒素含量は、生餌魚で373から416 mgN/100 g, MP魚で380から395 mgN/100 g, 天然魚で378から415 mgN/100 gと三魚間で大きな差は認められなかった。

Table 4-3. Fatty acid compositions of non-polar lipids extracted from the liver (%)^{*1}

Fatty acid	Rearing period (months)				Wild fish
	7		13		
	Fresh bait	Moist pellet	Fresh bait	Moist pellet	
14:0	2.8±0.5	3.1±0.3	2.2±0.4	3.1±0.4	1.6
15:0	0.3±0.1	0.3±0.0	0.2±0.1	0.0±0.0	0.2
16:0	22.0±1.5	19.9±0.4	19.1±1.0	18.0±1.1	34.1
16:1n-9	0.7±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	0.3
16:1n-7	5.2±0.5	4.4±0.3	5.2±0.4	5.6±0.2	7.8
17:0	0.9±0.2	0.7±0.0	0.8±0.1	0.8±0.1	1.4
18:0	7.1±0.8	7.2±0.8	6.9±0.6	5.4±0.4	7.4
18:1n-9	22.7±5.8	24.9±2.1	27.9±4.4	23.3±2.7	25.3
18:1n-7	3.7±0.2	4.0±0.2	4.0±0.2	4.4±0.3	4.9
18:2n-6	0.7±0.2	3.1±0.3	0.6±0.2	3.3±0.4	0.5
18:3n-3	0.4±0.1	0.5±0.1	0.3±0.1	0.6±0.1	0.3
18:4	0.6±0.2	0.5±0.1	0.4±0.1	0.6±0.2	0.2
20:0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2
20:1n-11	1.2±0.3	1.9±0.3	1.2±0.1	1.9±0.2	0.8
20:1n-9	1.7±0.1	2.4±0.1	1.8±0.1	2.1±0.1	0.2
20:4n-6	0.7±0.1	0.8±0.1	0.6±0.1	0.7±0.1	0.9
20:4n-3	0.7±0.2	0.7±0.0	0.7±0.2	1.0±0.1	0.4
20:5n-3	5.7±1.5	4.7±0.4	5.6±1.0	6.6±0.7	3.1
22:1n-11	1.3±0.4	1.4±0.2	1.1±0.2	1.7±0.2	0.3
22:1n-9	0.3±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.5±0.0	tr ^{*2}
22:5n-3	2.9±0.6	3.4±0.2	3.3±0.7	3.6±0.5	1.1
22:6n-3	13.6±3.2	9.8±0.7	12.7±2.0	11.1±0.9	4.6
others	4.6±0.7	5.2±0.5	4.1±0.3	4.4±0.3	4.4

*1 Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).

*2 trace.

遊離アミノ酸では、すべての試料魚でタウリンが最も多く、6月の天然魚と13カ月飼育の生餌魚を除き、全遊離アミノ酸の約六割を占めており、生餌魚、MP魚ともに飼育10カ月でいったん減少した後、13カ月で再び増加した。他の遊離アミノ酸では、すべての生餌魚でリジン、ヒスチジン、グルタミン、グリシン、アラニン並びにアルギニンが比較的多く含まれていた。MP魚でも生餌魚と同様のアミノ酸が比較的多量に含まれていたほか、生餌魚ではほとんど検出されなかったジベプチドであるアンセリンが15.8から26.0 mg/100 g含まれていた。

生餌魚とMP魚の間で各アミノ酸の含量を比較すると、タウリンは、飼育7カ月の生餌魚でその含量が高かったが、飼育10カ月では逆にMP魚が高くなり、また飼育13カ月では両魚間に余り差が見られないなど、飼育期間を通じて一定の傾向は認められず、タウリン含量に対する餌料の影響は明確ではなかった。その他のア

ミノ酸では、すべての生餌魚でリジン、ヒスチジンおよびアルギニン含量がMP魚のそれより顕著に高く、特に生餌給餌13カ月でそれぞれ124.0, 59.7, 13.7 mg/100 g含まれていた。逆にアンセリンがMP魚で顕著に高かった。このように試料魚間のタウリンを除く遊離アミノ酸組成にそれぞれの餌料に対して一定の傾向が見られたので、各試料のタウリンを除く遊離アミノ酸の組成比(%)から田村と大沢の方法²²⁾に従い、アミノ酸バターの類似率を求め、その類似性を比較した。なお、この値は、二つの試料魚の遊離アミノ酸組成が完全に一致したとき、1となり、0に近づくほどに類似性が低くなる。

Table 8に示したように生餌魚では、いずれの試料魚間でも類似率が0.9以上となり、高い類似性が認められた。MP魚間でも、いずれの試料魚間でも類似率が0.9以上となり、生餌魚間と同様であった。一方、生餌魚とMP魚の間では、給餌7カ月で0.851, 10カ月で0.774,

Table 5-1. Fatty acid compositions of polar lipids extracted from the dorsal meat (%)^{*1}

Fatty acid	Rearing period (months)				Wild fish
	7		13		
	Fresh bait	Moist pellet	Fresh bait	Moist pellet	
14 : 0	0.4±0.1	0.4±0.1	0.5±0.1	0.4±0.0	0.5
15 : 0	0.2±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0	0.1±0.0	0.3
16 : 0	25.6±0.9	25.5±0.6	26.5±0.4	24.9±0.5	23.1
16 : 1n-9	0.4±0.1	0.4±0.0	0.4±0.1	0.4±0.0	0.4
16 : 1n-7	1.0±0.2	0.8±0.1	1.4±0.2	1.3±0.1	1.1
17 : 0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.5±0.1	0.4±0.1	0.5
18 : 0	7.1±0.3	7.3±0.4	6.9±0.2	6.7±0.2	6.9
18 : 1n-9	8.7±0.9	9.3±0.7	11.7±0.7	12.6±1.1	6.3
18 : 1n-7	1.7±0.1	1.8±0.1	1.8±0.1	1.8±0.1	1.7
18 : 2n-6	0.6±0.1	2.0±0.2	0.7±0.1	2.9±0.1	0.7
18 : 3n-3	0.1±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2
18 : 4	tr ^{*2}	tr	0.1±0.1	0.1±0.0	0.1
20 : 0	tr	tr	tr	tr	0.1
20 : 1n-11	0.4±0.0	0.4±0.1	0.5±0.1	0.6±0.0	0.1
20 : 1n-9	0.4±0.0	0.4±0.0	0.0±0.0	0.5±0.0	0.4
20 : 4n-6	2.2±0.2	2.6±0.1	2.5±1.1	2.7±0.2	4.4
20 : 4n-3	0.3±0.1	0.3±0.1	0.4±0.0	0.4±0.0	0.3
20 : 5n-3	5.7±0.7	5.4±0.3	7.7±0.6	6.9±0.9	4.7
22 : 1n-11	tr	tr	tr	tr	tr
22 : 1n-9	tr	tr	tr	tr	tr
22 : 5n-3	1.8±0.1	2.2±0.1	2.0±0.1	2.4±0.2	2.7
22 : 6n-3	40.2±2.4	38.3±1.6	33.1±1.4	31.9±1.4	40.5
others	2.3±0.4	2.3±0.3	2.5±0.4	2.8±0.1	5.0

^{*1} Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).

^{*2} trace.

13カ月で0.656と給餌期間が長くなるにつれて類似率が低下していた。このことは、各アミノ酸の含量は、多少変動するものの、同じ餌を与えた魚の間では遊離アミノ酸の組成比は比較的一定に保たれており、筋肉の遊離アミノ酸組成も餌料の影響を受けることが示唆された。また、同じ時期に漁獲された天然魚と比較すると、生餌魚では給餌7カ月魚で0.977、10カ月魚で0.936と比較的類似率が高くなったが、MP魚では給餌7カ月魚で0.850、10カ月魚で0.837と生餌魚に比べて低く、タウリンを除く遊離アミノ酸組成比では生餌魚の方が天然魚に近い結果となった。

Morishitaら¹⁰⁾は、マダイMP魚でスレオニン、プロリン、グリシン、ヒスチジン、リジン、アルギニン含量が、生餌魚のそれらよりも高かったと報告しており、必ずしも我々の結果とは、一致しなかった。

以上の結果から生餌魚とMP魚の間で筋肉の一般成分に大差は認められなかったが、脂質の脂肪酸組成およ

び筋肉の遊離アミノ酸組成は餌料の影響を強く受けていた。また、内臓部への脂質の蓄積は生餌魚に比べてMP魚で進む傾向が認められた。この原因の一つとして餌の種類ばかりでなく、給餌方法の影響も考えられる。今回、両魚の給餌量は、生餌魚の場合、養殖業者の経験に基づき従来通りとしたが、MP魚の場合は、養殖現場の水温、溶存酸素量などの環境条件にあわせて飼育魚のカロリー計算をし、マダイの養殖に理想とされる給餌量とした。その結果としてMP魚で内臓部への脂質の蓄積が進んだ可能性も考えられる。いずれにしてもMPは、生餌に比べて容易にその組成を調整することができるので、その組成を変えることでマダイの肉質改善に寄与できるものと推察した。

謝 辞

養殖マダイを快くご提供下さいました大谷漁業協同組合長 森光次男氏に深謝します。

Table 5-2. Fatty acid compositions of polar lipids extracted from the ventral meat (%)^{*1}

Fatty acid	Rearing period (months)				Wild fish
	7		13		
	Fresh bait	Moist pellet	Fresh bait	Moist pellet	
14 : 0	0.6±0.2	0.5±0.1	0.7±0.1	0.7±0.1	0.5
15 : 0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.3
16 : 0	24.9±0.9	24.1±0.6	24.5±0.7	24.5±1.2	23.1
16 : 1n-9	0.4±0.1	0.6±0.4	0.5±0.1	0.4±0.1	0.4
16 : 1n-7	1.3±0.3	0.7±0.5	1.7±0.2	1.5±0.2	1.2
17 : 0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.6±0.0	0.5±0.1	0.4
18 : 0	7.7±0.3	7.6±0.5	7.1±0.2	7.4±0.3	7.2
18 : 1n-9	9.3±0.9	9.9±0.4	12.0±0.7	13.1±1.1	6.7
18 : 1n-7	1.8±0.1	1.9±0.0	2.0±0.1	2.0±0.1	1.8
18 : 2n-6	0.7±0.1	2.2±0.2	0.8±0.1	3.1±0.2	0.7
18 : 3n-3	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.2
18 : 4	0.1±0.1	tr	0.2±0.0	0.2±0.0	0.1
20 : 0	tr ^{*2}	0.1±0.0	tr	tr	0.1
20 : 1n-11	0.5±0.1	0.5±0.1	0.6±0.1	0.7±0.0	0.1
20 : 1n-9	0.5±0.1	0.5±0.0	0.6±0.1	0.6±0.0	0.4
20 : 4n-6	2.3±0.2	2.8±0.1	2.7±0.2	2.8±0.2	4.7
20 : 4n-3	0.3±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0	0.5±0.0	0.3
20 : 5n-3	6.2±0.7	5.9±0.3	8.2±0.8	7.3±0.9	5.0
22 : 1n-11	tr	0.2±0.0	0.2±0.1	0.1±0.1	tr
22 : 1n-9	0.1±0.1	tr	tr	tr	tr
22 : 5n-3	2.0±0.1	2.4±0.1	2.1±0.1	2.5±0.0	2.8
22 : 6n-3	38.1±2.2	36.1±1.1	32.2±1.4	29.4±1.6	38.5
others	2.2±0.8	2.9±0.3	2.9±0.3	2.5±0.4	5.4

^{*1} Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).

^{*2} trace.

文 献

- 1) Y. Yone, Md. A. Hossain, M. Furuichi, and F. Kato: Effect of fermented and fermented-resteamed scrap meals on growth and feed efficiency of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 549-552 (1986).
- 2) Y. Yone, Md. A. Hossain, M. Furuichi, and F. Kato: Effect of fermented scrap meal on proximate composition of muscle and liver, hematological characteristics, and chemical components in blood plasma of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 1461-1464 (1986).
- 3) Y. Yone, M. Furuichi, and F. Kato: Effects of dietary wakame *Undaria penatifida* and *Ascophyllum nodosum* supplements on growth, feed efficiency, and proximate composition of liver and muscle of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 1465-1468 (1986).
- 4) H. Nakagawa and S. Kasahara: Effect of Ulva meal supplement to diet on lipid metabolism of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52, 1187-1193 (1986).
- 5) Md. G. Mustafa, T. Umino, H. Miyake, and H. Nakagawa: Effect of *Spirulina sp.* as feed additive on lipid accumulation in red sea bream. *Suisanzoshoku*, 42, 363-369 (1994).
- 6) 橋 勝康, 土居達也, 植本六良, 三嶋敏雄, 小倉理一, 松清恵一, 保田正人: 養殖マダいの肉質に対する遊泳運動効果. 日本誌, 54, 677-681 (1988).
- 7) 佐伯清子, 熊谷 洋: 天然および養殖マダいの一般成分の比較. 食衛誌, 20, 147-150 (1979).
- 8) 大島敏明, 和田 俊, 小泉千秋: 養殖および天然マダいの脂質成分の比較. 日本誌, 49, 1405-1409 (1983).
- 9) 鴻巣章二, 渡辺勝子: 養殖および天然マダいのエキス成分の比較. 日本誌, 42, 1263-1266 (1976).
- 10) 森下達雄, 宇野和明, 高橋 喬: 養殖マダいの成長に伴う一般成分組成の季節変動. 日本誌, 53, 1601-1607 (1987).
- 11) 森下達雄, 宇野和明, 高橋 喬: 養殖マダいの成長に伴う脂肪酸組成の季節変動. 日本誌, 53, 1609-1615 (1987).
- 12) 森下達雄, 宇野和明, 井村直樹, 高橋 喬: 養殖マダいの成長に伴う含窒素エキス成分の季節変動. 日本誌, 53, 1871-1881 (1987).
- 13) 青木隆子, 鷹田 肇, 國崎直道: 天然および養殖魚6種の一般成分, 無機質, 脂肪酸, 遊離アミノ酸, 筋肉硬度および色差について. 日本誌, 57, 1927-1934 (1991).
- 14) 森下達雄, 宇野和明, 松本好央, 高橋 喬: 養殖マダいの一般成分の産地別, 養殖方法別並びに天然魚との比較. 日本誌, 54, 1965-1970 (1988).

Table 5-3. Fatty acid compositions of polar lipids extracted from the liver (%)^{*1}

Fatty acid	Rearing period (months)				Wild fish
	7		13		
	Fresh bait	Moist pellet	Fresh bait	Moist pellet	
14 : 0	0.6±0.1	0.6±0.1	0.8±0.1	0.5±0.1	0.4
15 : 0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.1±0.0	0.2
16 : 0	23.0±0.5	22.1±1.0	21.3±0.9	19.6±1.9	26.0
16 : 1n-9	0.6±0.0	0.5±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	0.5
16 : 1n-7	1.0±0.0	0.8±0.1	1.1±0.1	1.1±0.1	1.2
17 : 0	0.7±0.1	0.5±0.1	0.5±0.0	0.6±0.1	0.8
18 : 0	10.9±0.7	11.2±1.1	9.8±0.5	11.4±2.1	8.8
18 : 1n-9	5.1±0.5	6.0±0.4	7.6±0.4	7.2±1.0	4.9
18 : 1n-7	1.6±0.1	1.8±0.1	2.7±0.1	2.2±0.2	2.2
18 : 2n-6	0.4±0.0	2.1±0.2	1.8±0.1	0.5±0.1	0.8
18 : 3n-3	0.1±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0	0.1±0.1	0.2
18 : 4	tr ^{*2}	tr	tr	tr	0.1
20 : 0	0.1±0.0	0.1±0.0	tr	tr	0.1
20 : 1n-11	0.1±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.1±0.1	0.3
20 : 1n-9	0.4±0.1	0.6±0.0	0.5±0.1	0.5±0.1	0.1
20 : 4n-6	4.6±0.2	5.6±0.4	3.8±0.2	3.9±0.3	5.1
20 : 4n-3	0.8±0.1	0.8±0.1	0.7±0.1	0.8±0.1	0.8
20 : 5n-3	10.9±0.4	10.7±0.5	9.0±0.6	11.7±1.2	11.7
22 : 1n-11	tr	0.1±0.1	tr	tr	tr
22 : 1n-9	tr	tr	tr	tr	tr
22 : 5n-3	2.0±0.0	2.6±0.2	2.6±0.1	2.5±0.4	2.9
22 : 6n-3	33.4±0.8	29.5±0.9	34.3±0.7	33.4±3.3	28.4
others	3.6±0.3	4.1±0.2	2.6±0.4	3.4±0.3	4.7

^{*1} Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).^{*2} trace.

Table 6. Fatty acid compositions of lipids extracted from fresh bait and moist pellet

Fatty acid	Fresh bait	Moist pellet	Fatty acid	Fresh bait	Moist pellet
14 : 0	7.3	6.2	20 : 0	0.7	0.5
15 : 0	0.6	0.4	20 : 1n-11	1.1	2.5
16 : 0	20.4	17.7	20 : 1n-9	1.5	2.6
16 : 1n-9	tr [*]	tr	20 : 4n-6	1.3	0.8
16 : 1n-7	7.9	7.6	20 : 4n-3	0.5	0.5
17 : 0	1.4	1.1	20 : 5n-3	14.5	12.8
18 : 0	3.8	3.6	22 : 1n-11	2.6	3.6
18 : 1n-9	8.7	12.0	22 : 1n-9	0.4	0.6
18 : 1n-7	3.0	3.6	22 : 5n-3	1.2	1.2
18 : 2n-6	1.0	3.3	22 : 6n-3	14.5	11.1
18 : 3n-3	0.6	0.8	others	5.3	5.8
18 : 4	1.7	1.8			

^{*} trace.

Table 7. Free amino acid contents of the ordinary meat extracts from cultured and wild red sea bream (mg/100 g meat)*¹

Rearing period (months) Bait	7			10			13	
	Fresh bait	Moist pellet	Wild fish	Fresh bait	Moist pellet	Wild fish	Fresh bait	Moist pellet
Tau	250.6±16.6	230.7±21.2	176.3	159.9±24.8	216.4±15.6	191.0	227.4±19.0	238.4±36.0
Asp	tr* ²	tr	tr	0.5±0.6	tr	tr	tr	tr
Thr	3.9±0.3	3.6±0.4	15.2	3.3±1.0	4.1±0.3	6.2	8.5±2.8	4.0±0.9
Ser	2.7±0.2	3.0±0.1	6.7	2.3±0.2	3.1±0.6	2.3	1.7±0.3	3.4±0.7
Glu	6.8±0.5	6.3±0.8	14.5	9.4±2.2	11.1±0.8	16.0	6.0±0.7	6.1±0.5
Gln	10.6±1.5	9.4±1.2	4.6	10.8±4.9	19.2±4.0	6.3	10.0±2.9	16.2±2.7
Gly	11.2±2.0	10.9±1.3	13.5	10.1±3.1	13.5±1.8	9.2	8.1±1.3	12.0±2.3
Ala	11.2±0.5	9.5±1.0	29.0	9.6±1.6	12.8±0.9	16.3	15.8±1.8	18.1±2.5
Cit	1.8±0.3	1.4±0.6	2.2	tr	tr	1.1	5.1±1.3	2.3±0.7
Val	2.3±0.2	2.4±0.2	5.0	2.3±0.5	2.2±0.8	3.5	2.0±0.2	2.5±0.4
Cys	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Met	1.6±0.2	2.0±0.2	3.6	1.2±0.2	1.2±0.1	2.5	1.1±0.3	1.6±0.4
Ile	1.7±0.1	1.7±0.2	3.3	1.8±0.6	1.5±0.1	2.4	1.5±0.2	1.8±0.3
Leu	2.6±0.2	2.6±0.2	5.5	2.7±0.9	2.4±0.1	3.7	2.3±0.3	2.7±0.5
Tyr	3.0±0.4	3.1±0.6	5.8	2.2±0.4	2.3±0.4	2.9	2.4±0.2	2.6±0.4
Phe	1.9±0.2	1.9±0.2	3.7	1.8±0.4	1.7±0.1	2.0	2.2±0.4	1.7±0.2
Orn	2.4±0.9	5.4±1.4	6.8	1.3±0.7	1.4±1.1	2.4	4.0±1.4	tr
Lys	60.4±13.8	24.1±4.8	84.8	32.2±8.2	21.0±6.0	34.2	124.0±15.3	20.0±9.4
His	18.7±3.8	12.3±3.2	28.0	13.2±10.5	12.9±3.4	7.8	59.7±13.2	10.7±3.6
Ans	tr	15.8±1.5	tr	tr	26.0±2.1	10.3	tr	18.9±1.8
Arg	9.3±3.2	4.3±1.2	12.7	4.9±1.4	2.9±0.7	8.3	13.7±1.9	2.4±1.2
Extrac-tive* ³ nitrogen	398±10	395±4	415	373±6	380±3	378	416±6	380±4

*¹ Mean±S.D. (n=5) except for wild fish (n=2).*² trace.*³ mg N/100 g meat.**Table 8.** Free amino acid pattern similarity*¹ between cultured and wild red sea bream

	Cultured fish						Wild fish		
	7* ²	Fresh bait			Moist pellet			94/6/30	94/9/22
		7	10	13	7	10	13	①	②
Fresh bait	7	1.000	0.972	0.974	0.851	0.688	0.731	0.977	0.903
	10	—	1.000	0.923	—	0.774	0.812	0.958	0.936
	13	—	—	1.000	—	—	0.656	0.954	0.832
Moist pellet	7	—	—	—	1.000	0.946	0.945	0.850	0.924
	10	—	—	—	—	1.000	0.976	0.676	0.837
	13	—	—	—	—	—	1.000	0.738	0.866
Wild fish	①	—	—	—	—	—	—	1.000	0.932
	②	—	—	—	—	—	—	—	1.000

*¹ Pattern similarity S(A, B) between A(a₁, a₂, ..., a_n) and B(b₁, b₂, ..., b_n) was calculated as the following equation. (Tamura and Osawa, 1969)²² S(A, B) was thought to be a cosine of angle(θ) between vector OA and vector OB in n dimensional space.

$$S(A, B) = \cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^n a_i b_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i^2}}$$

*² Rearing period (months).

- 15) T. Morishita, K. Uno, T. Araki, and T. Takahashi: Comparison of the fatty acid compositions in cultured red sea bream differing in the localities and culture methods, and those in wild fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 847-852 (1989).
- 16) T. Morishita, K. Uno, T. Araki, and T. Takahashi: Comparison of the amounts of extractive nitrogenous constituents in the meats of culutured red sea bream of different localities and culture methods, and those of wild fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 1565-1573 (1989).
- 17) 井岡 久, 山中英明: 餌料の異なる養殖ヒラメの品質評価. 日本誌, **63**, 370-377 (1997).
- 18) E. G. Bligh and W. J. Dyer: A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917 (1959).
- 19) P. Juaneda and G. Rocquelin: Rapid and convenient separation of phospholipids and non phosphorus lipids from rat heart using silica cartridges. *Lipids*, **20**, 40-41 (1985).
- 20) 吉中禮二, 佐藤 守: 水産化学実験法, 第1版, 恒星社厚生閣, 東京, 1989, pp. 75-81.
- 21) R. G. Ackman: Wcot (capillary) gas-liquid chromatography, in "Analysis of oils and fats" (ed. by R. J. Hamilton and J. B. Rossel), Elsevier Applied Science Publisher, London, 1986, pp. 137-206.
- 22) 田村真八郎, 大沢文江: 食品間のアミノ酸パターン類似性について. 栄養と食糧, **22**, 494-496 (1969).