マサバ脂質の脂肪酸組成の変動とそれに関与する因子I

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者名	上田,正
発行元	日本水産學會
巻/号	42巻4号
掲載ページ	p. 479-484
発行年月	1976年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 42(4) 479-484 (1976)

マサバ脂質の脂肪酸組成の変動とそれに関与する因子—1

脂肪酸組成率に対する季節，体長および脂質含量の影響

上　田　　正

(1975 年 12 月 22 日受理)

Changes in the Fatty Acid Composition of Mackerel Lipid and Probably Related Factors—I.

Influence of the Season, Body Length and Lipid Content

Tadashi UEDA*

The fatty acid compositions of the lipids in the mackerel, *Scomber japonicus*, were examined by GLC, before and after fractionation into polar and nonpolar lipids. The compositional percentages of some fatty acids showed large fluctuations; for example, in nonpolar lipid, 16 : 0 acid varied from 14.5 to 21.4%, 18 : 1 acid from 11.6 to 28.4% and in polar lipid, 22 : 6 acid from 21.5 to 37.6%. The multiple linear regression of compositional percentage on the three probable factors showed the following results: adopting as the criteria fatty acids showing significant regression ($\alpha=0.05$), the compositional percentage was found to depend most clearly on the lipid content, clearly on the season, but negligibly on the body length.

When the extent of the variation of the compositional percentage due either to season or lipid content—$a_1(x_{max}-x_{min})$ or $a_3(z_{max}-z_{min})$—was adopted, the variation of the compositional percentage due to season was larger than that due to the lipid content.

魚介類脂質の脂肪酸組成率は生息場所や季節など外的要因の変化にともなつて変動し，生長や脂質含量など内的要因の変動によつても変動すると推察される。そのため，組成率の変動は問題になるほど大きいか，また変動が大きいとすればどんな要因がそれと関係深いかなど，1つの魚種について詳細に検討する必要がある。このような見地から，ほぼ同じ海域で漁獲されたマサバを対象として，その脂肪酸組成率が季節，体長および脂質含量とどのように関係しているかを検討した。

実　験　方　法

試料　五島・対馬周辺海域，山口県および福岡県沖合で，1971 年 5 月から翌年 2 月にわたり漁獲されたマサバを用いた。これを新鮮時に三枚におろし，皮下脂肪を損じないように表皮を剝ぎ，肉部を実験に供した。試料魚が大きいときには片側の肉，小さいときには両側の肉すべてを供試した。

脂質の抽出　FOLCH 法[1]によつて全脂質 (TL) を抽出した。

TL の分画　前法[2]にしたがい硅酸カラムクロマト法で TL を中性脂質 (NL) と極性脂質 (PL) に分画した。

脂肪酸分析　前報[2]と同様に GLC で分析した。

* 水産大学校 (Dept. of Food Sci. and Technol., The Shimonoseki Univ. of Fish., Shimonoseki, Japan)

回帰係数の計算　各脂質の脂肪酸組成率 (t) の季節 (x), 体長 (y) および脂質含量 (z) に対する回帰式 $t=a_0+a_1x+a_2y+a_3z$ の各係数を求め,[3] a_1, a_2 および a_3 の有意性に関する検定を行なつた。なお，試料魚を最初に入手した 5 月 14 日より数えた日数で季節的要因を数値化した。

結果ならびに考察

供試魚の体長，体重および脂質含量　実験に供したマサバの体長，体重および脂質含量を Table 1 に示す。体長は 27.0 cm から 33.5 cm, 体重は 247.9 g から 470.0 g に分布した。TL 量の最低値は 2.77 g/100 g 肉であり，最高値は 18.93 g/100 g 肉であつた。NL 量は 1.64 g/100 g 肉から 17.85 g/100 g 肉に分布し，PL 量は 0.64～1.21 g/100 g 肉でありほぼ一定であつた。最初に TL 量 (z_t) に対する NL 量 (z_n) および PL 量 (z_p) の 2 次回帰式 $z_i=b_{0\cdot2\cdot i}+b_{1\cdot2\cdot i}z_t+b_{2\cdot2\cdot i}z_t^2$ を求めたが，2 次項が有意でなかつたので 1 次回帰式 $z_i=b_{0\cdot1\cdot i}+b_{1\cdot1\cdot i}z_t$ (i は n または p) を求めた結果，$b_{1\cdot1\cdot n}$ は有意 ($F_0=44942$, $n_1=1$, $n_2=21$) とみなされ，$b_{1\cdot1\cdot p}$ は有意とみなされなかつた ($\alpha=0.05$)。

NL 量 (z_n) の TL 量 (z_t) に対する標本 1 次回帰式は $z_n=-1.073+0.992\,z_t$ であり，$b_{1\cdot1\cdot n}$ は 1 に近似し $b_{0\cdot1\cdot n}$ は PL 量の平均値 ($\bar{z}_p$) に近似した。そのため，標本回帰式と $z_n=-1.03+z_t$ との比較検定[4] を行なつた結果，標本回帰式において，$1.073\fallingdotseq\bar{z}_p=1.03$, $0.992\fallingdotseq1$ とみなせた ($t_0=1.499$, $t_1=0.000$, $F_e=1.123$ ただし，t_0 は b_0 の検定，t_1 は b_1 の検定，F_e は回帰式としての検定，なおこれらの値は両式間に有意差のないことを示す)。すなわち，PL 量は脂質含量にかかわらず一定で，NL 量の変動がそのまま TL 量の変動に現われた。この結果はマアジの場合[5] と一致した。

Table 1. Body length, body weight and lipid content of the mackerel used as sample

Sample No.	Date	Body length (cm)	Body weigh (g)	Content of TL. (g/100 g flesh)	Content of NL. (g/100 g flesh)	Content of PL. (g/100 g flesh)
1	May 14	27.0	257.0	12.95	11.49	1.21
2	Aug. 18	28.0	295.5	10.78	9.40	1.10
3	Aug. 30	33.5	470.0	9.74	8.77	0.95
4	Sept. 13	28.6	313.5	18.93	17.85	0.79
5	Sept. 26	30.0	301.2	12.26	11.05	1.02
6	Oct. 6	28.3	307.6	16.13	15.13	0.95
7	Oct. 14	30.0	305.5	15.55	14.51	0.64
8	Oct. 20	29.5	348.8	13.14	12.06	1.08
9	Oct. 26	30.2	303.9	10.25	9.07	1.07
10	Nov. 1	28.5	270.7	4.19	3.13	0.96
11	Nov. 14	31.7	363.2	3.46	2.37	0.99
12	Nov. 26	30.2	311.8	12.68	11.51	1.07
13	Nov. 29	29.5	304.5	9.37	8.19	1.05
14	Dec. 6	31.0	340.0	3.73	2.57	1.03
15	Dec. 13	30.5	360.0	17.80	16.56	0.98
16	Dec. 18	30.8	347.2	11.99	10.87	1.00
17	Dec. 25	27.3	247.9	2.77	1.64	1.04
18	Jan. 6	29.6	333.7	15.53	14.44	0.99
19	Jan. 12	30.6	303.0	7.85	6.74	1.05
20	Jan. 18	30.4	298.2	5.41	4.32	1.03
21	Jan. 25	31.8	361.8	7.48	6.26	1.15
22	Jan. 31	30.0	324.0	11.51	10.38	1.03
23	Feb. 6	29.5	277.7	10.50	9.18	1.31

TL···Total lipid, NL···Nonpolar lipid, PL···Polar lipid

Table 2. Variation of the fatty acid compositions of nonpolar lipid in mackerel muscle

Sample No.	Fatty acid (%)									
	14 : 0	16 : 0	16 : 1	18 : 0	18 : 1	18 : 2	20 : 1	20 : 3	20 : 5	22 : 6
1	3.5	19.4	5.2	6.7	28.4	1.7	2.5	2.2	8.5	9.5
2	4.4	19.0	6.0	6.2	17.1	2.3	3.7	1.8	6.7	14.3
3	4.8	20.5	7.1	6.0	24.8	2.1	5.1	1.7	5.1	9.3
4	5.0	21.4	5.3	6.2	26.8	2.0	4.4	0.9	4.3	8.4
5	3.4	18.2	4.2	6.0	24.7	2.7	4.2	1.3	6.2	13.7
6	4.9	18.3	7.6	5.7	18.0	2.3	3.9	1.9	6.7	11.4
7	5.3	15.3	7.7	4.5	19.4	1.7	8.0	1.3	6.8	10.1
8	2.7	21.4	5.8	6.0	20.2	1.9	4.7	1.7	5.6	13.5
9	6.8	16.7	6.9	5.5	22.3	2.2	4.9	1.8	5.9	10.8
10	4.9	17.3	5.6	5.6	23.5	1.8	6.4	1.9	4.2	9.8
11	4.6	14.5	3.8	6.2	17.5	2.2	7.1	2.2	5.3	15.1
12	8.4	19.0	7.2	4.5	16.6	2.2	6.8	1.3	7.6	11.3
13	5.8	18.7	6.4	6.9	18.7	2.1	3.8	2.0	5.1	14.2
14	4.6	18.0	5.1	8.1	23.0	1.6	5.3	1.8	5.2	9.2
15	6.7	20.4	4.7	5.4	18.7	3.0	5.8	1.3	7.6	9.3
16	4.2	20.4	6.5	7.0	11.6	1.9	6.8	1.5	7.5	15.2
17	5.6	17.1	6.4	9.1	15.3	1.8	2.9	2.7	7.0	14.3
18	4.3	17.5	5.7	6.3	24.3	2.1	6.5	1.2	9.2	9.5
19	4.7	17.7	6.6	5.7	19.7	1.7	6.0	1.5	9.7	13.9
20	4.7	16.1	5.0	5.4	14.1	1.9	5.9	2.6	6.3	16.3
21	3.5	16.3	5.2	4.8	21.7	1.9	5.2	2.0	5.6	14.7
22	3.9	16.7	5.4	4.9	19.5	1.7	6.7	2.2	6.3	15.2
23	4.5	15.4	5.0	4.2	17.9	2.1	7.1	1.9	8.4	14.8

Table 3. Variation of the fatty acid compositions of polar lipid in mackerel muscle

Sample No.	Fatty acid (%)									
	14 : 0	16 : 0	16 : 1	18 : 0	18 : 1	18 : 2	20 : 1	20 : 3	20 : 5	22 : 6
1	0.8	20.5	1.9	13.1	11.1	1.2	1.0	4.1	8.9	28.3
2	1.0	18.5	2.2	12.1	12.8	2.1	1.2	3.8	6.6	30.9
3	1.1	12.3	2.8	13.9	17.0	2.1	1.2	4.7	5.8	29.2
4	0.6	22.9	2.0	13.2	16.6	2.5	1.1	3.3	5.3	21.5
5	0.9	18.1	1.9	11.1	16.5	2.7	1.3	2.7	6.8	27.8
6	1.1	18.8	2.2	11.4	13.5	2.2	1.3	4.0	7.2	24.5
7	1.1	22.2	2.0	10.6	15.8	2.5	2.1	4.2	5.5	23.8
8	0.8	18.7	1.6	11.1	13.0	2.0	1.1	3.7	6.5	31.8
9	0.8	17.4	1.8	11.1	13.5	0.7	1.0	3.9	7.0	30.5
10	0.7	16.7	1.9	11.0	13.9	1.8	0.9	4.0	5.1	34.4
11	0.6	16.5	1.6	12.3	12.5	2.5	1.1	3.5	5.3	32.1
12	1.2	16.7	1.8	10.5	12.2	3.7	1.6	2.4	8.2	29.3
13	1.3	18.1	1.9	11.3	11.9	2.5	0.9	3.7	5.0	31.7
14	0.9	17.5	1.3	10.2	13.4	1.6	1.2	4.8	5.9	33.7
15	1.3	18.7	2.1	12.5	13.9	3.3	1.2	2.3	7.6	26.8
16	0.6	13.4	2.2	13.2	13.7	2.0	1.1	3.1	6.4	36.0
17	0.7	17.6	2.1	13.1	10.6	1.5	0.6	3.7	7.9	31.1
18	0.6	15.3	2.0	13.1	14.7	1.9	1.5	3.2	7.7	28.4
19	1.3	17.3	2.7	10.4	13.0	1.8	1.1	3.2	7.0	34.3
20	1.1	12.2	1.8	11.3	11.8	2.1	1.3	4.0	6.0	29.0
21	0.8	14.0	1.2	9.9	12.3	1.9	1.4	3.7	6.8	37.6
22	0.9	16.1	1.4	11.1	12.1	1.7	1.2	4.1	6.8	33.9
23	1.0	15.7	1.5	10.5	12.8	1.6	1.6	3.1	8.4	31.5

Table 4. Variation of the fatty acid compositions of total lipid in mackerel muscle

Sample No.	Fatty acid (%)									
	14 : 0	16 : 0	16 : 1	18 : 0	18 : 1	18 : 2	20 : 1	20 : 3	20 : 5	22 : 6
1	2.9	21.2	6.2	7.0	23.8	1.5	3.1	2.6	9.1	10.5
2	4.2	20.6	6.6	6.2	16.8	2.1	3.8	1.8	6.5	15.0
3	4.3	18.3	6.8	5.6	26.6	2.2	4.6	1.8	4.8	11.3
4	5.0	20.5	5.1	6.1	25.8	1.4	4.3	1.1	4.4	12.1
5	3.5	18.3	4.1	6.2	23.3	3.2	3.9	2.0	7.1	13.9
6	5.2	21.0	4.0	5.9	20.8	2.1	4.0	2.2	7.0	13.1
7	5.2	15.0	7.2	4.9	18.8	2.1	7.7	1.5	6.5	10.1
8	4.7	20.1	6.6	6.5	18.9	2.0	4.1	1.8	5.6	14.4
9	4.7	15.8	7.0	6.2	22.2	2.3	4.9	2.1	6.2	13.4
10	4.0	17.6	4.4	7.0	22.0	1.7	5.2	2.3	4.7	13.1
11	4.6	15.7	5.7	7.3	16.9	2.0	4.8	2.0	5.3	18.1
12	8.0	18.5	5.5	4.5	15.8	2.3	6.8	1.3	7.5	13.9
13	5.2	21.8	5.1	7.1	19.1	2.3	4.1	1.8	5.6	13.1
14	4.0	18.0	3.4	8.7	21.4	2.1	4.4	2.9	5.7	15.2
15	6.1	18.9	4.9	5.3	18.0	2.8	5.9	1.3	8.3	11.3
16	3.3	17.1	5.2	6.2	19.9	1.8	6.0	1.5	7.8	17.0
17	4.1	17.8	4.9	11.1	14.5	1.5	2.1	2.9	8.4	19.0
18	4.1	17.3	6.3	5.7	22.8	1.5	6.5	1.7	9.5	10.9
19	4.2	18.9	5.4	5.7	17.7	1.7	5.1	1.7	8.9	17.3
20	4.4	16.6	4.9	6.4	14.1	2.0	5.2	2.3	6.3	17.8
21	3.5	15.2	4.9	5.3	20.4	1.7	5.2	2.3	6.3	18.0
22	3.8	16.9	4.9	5.1	18.3	1.8	5.9	2.3	5.8	14.4
23	4.5	16.3	4.9	4.8	18.5	2.1	6.8	1.9	8.3	14.9

NL, PL および TL の主要脂肪酸組成　各脂質の脂肪酸組成を測定した結果 Table 2～4 をに示す。各脂質とも組成率が比較的大きい 16 : 0, 18 : 0, 18 : 1 および 22 : 6 酸に組成率の大きい変動が認められた。

各脂肪酸組成率の季節，体長および TL 量に対する偏回帰　各脂質の主要脂肪酸 10 種について，$t=a_0+a_1x+a_2y+a_3z$ の各係数およびそれらの有意性を検定するための F 値 (それぞれ F_1, F_2 および F_3) を Table 5 に示す。魚の生長を表わす要因として体長と体重が考えられるが，後者の変域は前者のそれより大きい。それゆえ，体長よりも体重を組成率の変動要因とすることが望ましい。しかし，体重には生長と肥満状態の 2 つが組合わさつている。一方，肥満状態は脂質含量という因子にも含まれるので，ここでは生長のみに左右される体長を組成率変動の因子としてとり上げた。各因子の各脂肪酸組成率の変動へ与える影響を検討すると，季節との関係 (a_1): NL では夏季から冬期にかけて 18 : 1 酸組成率が減少し，20 : 1 および 22 : 6 酸のそれは増大する傾向にあつた。PL では組成率と季節との間にはつきりした相関が認められる脂肪酸はなかつた。TL では夏期から冬期にかけて 18 : 1 酸組成率が減少し，20 : 1 および 22 : 6 酸のそれが増大する傾向を示した。体長との関係 (a_2): NL では組成率が体長と正の相関をもつと認められる脂肪酸は 20 : 1 酸のみであつた。PL では体長の増大にともない 16 : 0 酸酸組成率が減少し，18 : 1 酸のそれは増大する傾向にあつた。TL では体長の増大にともない 18 : 0 および 20 : 3 酸組成率が減少する傾向を示した。脂質含量との関係 (a_3): NL では脂質含量の増大にともない 16 : 0 酸組成率が増大し，18 : 0 および 20 : 3 酸のそれは減少傾向にあつた。PL では 18 : 1 および 20 : 1 酸組成率が増大し，20 : 3 および 22 : 6 酸のそれは減少傾向を示した。TL では脂質含量の増大にともない 20 : 1 酸の組成率の増大が認められ，18 : 0, 20 : 3 および 22 : 6 酸のそれが減少傾向を示した。

Table 5. The estimated multiple linear regression equations of the fatty acid composition in weight percentage (t) on the fishing season (x), body length (y) and lipid content (z)

Lipid	F. A.	a_0	a_1	a_2	a_3	F_1	F_2	F_3
NL	14 : 0	3.72	0.003	0.006	0.034	0.39	0.001	0.28
	16 : 0	14.72	−0.011	0.12	0.17	2.96	0.21	4.39*
	16 : 1	5.57	−0.001	−0.002	0.05	0.04	0.000	0.76
	18 : 0	0.76	−0.007	0.26	−0.11	3.79	2.75	4.57*
	18 : 1	14.65	−0.035	0.38	0.08	6.70*	0.44	0.21
	18 : 2	0.52	0.000	0.04	0.031	0.01	0.68	3.91
	20 : 1	−8.73	0.011	0.38	0.066	6.48*	4.66*	1.40
	20 : 3	5.25	0.000	−0.09	−0.07	0.04	3.75	22.79**
	20 : 5	11.36	0.008	−0.247	0.10	2.41	1.26	2.02
	22 : 6	17.39	0.017	−0.213	−0.176	4.32*	0.39	2.61
PL	14 : 0	0.09	0.0003	0.03	0.001	0.14	0.56	0.70
	16 : 0	40.90	−0.011	−0.78	0.02	2.28	6.83*	3.79
	16 : 1	1.12	−0.002	0.03	0.001	1.84	0.32	0.47
	18 : 0	1.19	−0.0007	0.002	0.0003	2.72	0.02	0.33
	18 : 1	−5.18	−0.008	0.61	0.02	3.06	9.28**	7.32*
	18 : 2	−1.95	0.0007	0.11	0.06	0.10	1.35	4.16
	20 : 1	−1.15	0.0008	0.06	0.03	0.74	2.38	7.06*
	20 : 3	3.67	−0.004	0.01	−0.07	4.24	0.31	5.90*
	20 : 5	13.59	0.003	−0.27	0.05	0.78	2.75	1.06
	22 : 6	24.12	0.016	0.28	−0.50	2.30	0.41	11.91**
TL	14 : 0	1.63	0.003	0.045	0.009	0.61	0.08	3.01
	16 : 0	33.97	−0.012	−0.48	0.75	3.72	3.55	0.86
	16 : 1	1.50	−0.006	0.15	0.04	3.07	1.06	0.77
	18 : 0	21.42	−0.003	−0.41	−0.22	0.80	7.23*	20.19**
	18 : 1	1.49	−0.03	0.73	0.18	8.81**	3.12	1.96
	18 : 2	−1.16	−0.001	0.11	0.02	0.31	2.64	0.70
	20 : 1	−6.80	0.01	0.28	0.14	7.29*	3.47	8.71**
	20 : 3	6.22	−0.001	−0.11	−0.08	0.52	5.00*	24.69**
	20 : 5	15.83	0.008	−0.380	0.08	2.26	3.05	1.22
	22 : 6	21.33	0.015	−0.21	−0.34	5.09*	0.59	15.75**

Note: The constant and coefficient are defined as follows:
$t=a_0+a_1x+a_2y+a_3z$
F_i: The SNEDECOR's F for a_i with 1 and 19 degree of freedom
*···Significant at 0.05 level
**···Significant at 0.01 level

このことから，脂質含量は NL, PL および TL のいずれの脂質でも 3 ないし 4 種の脂肪酸の組成率に影響を及ぼしていることがわかつた。これに対して季節は NL および TL の 18 : 1, 20 : 1 および 22 : 6 • のおよび酸の組成率の変動に，体長は各脂質の 1 ないし 2 種の脂肪酸組成率の変動に影響した。このように，偏回帰係数 (a_i) が有意とみなせる脂肪酸数に基づく 3 因子の影響を比較すると，マサバでは，脂質含量の影響が最も強く，季節がこれにつぎとくに TL および NL の脂肪酸組成成率の変動に影響し，体長は組成率の変動にわずかに影響するに過ぎないという結果がえられた。

季節ならびに脂質含量の変動が脂肪酸組成率の変域に及ぼす影響　前項では主に各独立変数との相関の程度について論じた。しかし，各独立変数の回帰係数の大きさと変域の幅が異なるため，各独立変数によつて生じる t_i の変域の大きさに関する論議が欠ける。この点を検討する十分な計算法がないので，便宜的に

次のような方法で影響の程度を推論した。すなわち，季節および脂質含量の偏回帰係数 a_1 および a_3 に x の最高値と最低値の差，z の最高値と最低値の差をそれぞれ剰じ，両者の大小を比較した。その結果，$a_1(x_{max}-x_{min})>a_3(z_{max}-z_{min})$ の場合が 30 例中 16 例あり，$a_1(x_{max}-x_{min})<a_3(z_{max}-z_{min})$ の場合が 11 例，両者がほぼ等しい場合が 3 例あつた。このことから，季節の変動によつて生じる脂肪酸組成率の変動幅は脂質含量の変動によつて生じるそれより大きいと推論される。すなわち，a_i が有意とみなせる脂肪酸の数から論じると，脂肪酸組成率の変動には脂質含量，季節の順に強く影響し，組成率の変動幅に与える影響の度合から論じると前述の逆の順になる。

要　　約

マサバ体油脂肪酸組成率の変動に関係する因子として，季節，体長および脂質含量をとり上げ，これらに対する脂肪酸組成率の偏回帰係数を求めた結果つぎのことが推論された。偏回帰係数が有意とみなせる脂肪酸数から論じると，組成率の変動には脂質含質が強く影響しており，季節がこれにつぐといえる。しかし，組成率の変動幅に影響する度合から論じると，脂肪酸組成率の変動には季節が強く影響し，脂質含量の影響はこれにつぐといえる。体長変動は組成率の変動にわずかに影響した。

終りに研究のとりまとめに有益な御教示を戴いた本校前田弘教授に心から感謝の意を表する。また，本実験に協力された槇野実君に謝意を述べる。

文　　献

1) Folch, J., M. Lees, and G. H. Sloane Stanley: *J. Biol. Chem.*, **226**, 497–509 (1957).
2) 上田　正：本誌，**40**, 949–957 (1974).
3) 鳥居敏雄・高橋晄正　土肥一郎：“医学生物学のための推計学”，東京大学出版会，89–101 (1963).
4) 北川敏雄増・山元三郎編：“新編統計数値表”，河出書房，109–112 (1952).
5) 上田　正：水大研報，**20**, 145–161 (1972).