

飼料中の α -リノレン酸が卵黄の脂肪酸組成に及ぼす影響

鈴木和彦・大森豊緑*・岡田利孝**・小栗広青**・川村悦春**

The fatty acid composition of egg yolk is influenced by diets, strains and ages of hens. To observe the changes in fatty acid composition in egg yolk lipids, linseed oil were added to the diets of laying hens. The increase of linseed oil levels in diets resulted in the increase of α -linolenic acid in egg yolk lipids, but oleic acid levels were decreased. The ratio of n-3 to n-6 series of fatty acids in egg yolk lipids was increased depending on the linseed oil levels in the diets.

緒 言

近年、 α -リノレン酸系列 (n-3系列) の多価不飽和脂肪酸の生体内での役割が明らかになるにつれ、それらの重要性が見直されてきた。 α -リノレン酸系列の脂肪酸は、神経組織や網膜などの膜系に多く含まれており、脳神経系の機能を保つ上で必須であることが明らかになった^{1,2)}。さらに、血小板凝集抑制による血栓症の予防やがん、アレルギー疾患の抑制にも効果があることがわかってきた^{3,4,5,6,7)}。しかし、 α -リノレン酸は、動物体内では合成されず、食餌摂取によらなければならない。したがって、 α -リノレン酸の摂取量が体内の脂肪酸組成に直接影響すると考えられる。

卵黄中には約30%の脂質が含まれるが、その脂肪酸組成は鶏が摂食している飼料の成分が大きく関係していると推定される⁸⁾。 α -リノレン酸は、アマニ油、エゴマ油などの植物性油脂に多く含まれている。そこで、産卵鶏用の飼料中にアマニ油を添加して一定期間飼育後、卵黄中の脂肪酸組成の変化について分析した。

材料および方法

1. 供試鶏；

供試鶏は、デカルプXL-L、245日齢を使用した。鶏数は、合計70羽、各群14羽ずつ5群にわけて使用した。複飼ケージに入れ、終始無窓鶏舎内で飼育した。

2. 給与飼料の成分及び飼料油脂の脂肪酸組成；

α -リノレン酸(18:3)添加による影響をみるために、

0,1,2,4,6%重量相当のアマニ油をそれぞれ各群の飼料に添加した。飼料中の動物脂を減らし、アマニ油の量を増やしたもののほどn-3系脂肪酸を多く含む。また、各飼料中に抗酸化剤として α -Tocopherol-acetate (900ppm)及びEtoxyquin (80ppm)を添加した。各群毎の給与飼料の成分割合をTable 1に、脂肪酸組成をTable 2にそれぞれ示した。これらの飼料を給与開始後35日目に採卵し、卵黄成分の分析をおこなった。

3. 分析方法；

1) 卵黄脂質の抽出

卵黄2gにケイソウ2gを加えて分散し、クロロホルム：メタノール(2:1)混液60mlを加え、65℃にて1hr煮沸抽出し、これをガラスフィルター(G3)で、ろ過した。このろ液を減圧濃縮乾固(40℃)し、石油エーテル25mlを加えて溶解し、さらに無水硫酸ナトリウム15gを加えて十分攪拌した後、3,000rpmで5分間遠心した。この上清を減圧濃縮し、脂質含量、脂質分画及び脂肪酸分析に用いた。

2) 脂肪酸分析

試料30mgを内部標準物質(Nonadecanoic acid methylester)を含むベンゼン溶液1mlに溶解し、さらに0.5N-Sodium Methoxide/Methanol 1mlを加えて、80℃で20分間加熱した。放冷後、水3mlとエーテル3mlを加えて混合、その有機層を3mlの水で洗浄した後、無水硫酸ナトリウムで脱水し、ガスクロマト

* 岡山県倉敷西地域保健所 ** 中部飼料株式会社・大府研究所

飼料中の α -リノレン酸が卵黄の脂肪酸組成に及ぼす影響

Table 1. Composition of experimental diets

Composition	Experimental Diet				
	A	B	C	D	E
Corn	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70
Sorghum	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Wheat bran	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20
Soybean meal	18.40	18.40	18.40	18.40	18.40
Corn gluten meal	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Meat and bone meal	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Limestone	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35
Calcium phosphate	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Salt	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
DL-Methionine	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
L-Lysine	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
* Vitamin and mineral premix	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Animal fat	4.00	3.00	2.00	—	—
Linseed oil	—	1.00	2.00	4.00	6.00
Antioxidant					
α -Tocopherol-acetate (50%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Ethoxyquin	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Calculated composition					
Crude protein (%)	17.86	17.86	17.86	17.86	17.86
Metabolic energy (kcal/kg)	2900	2900	2900	2900	2900

* Vitamin and mineral premix supplies the following ingredients in amounts per kg of diet: vitamin A 6,000,000IU, vitamin D₃ 1,200,000IU, vitamin E 30,000mg, vitamin K₃ 2,000mg, tThiamine 2,000mg, riboflavin 2,000mg, niacin 8,000mg, pyridoxine 2,000mg, calcium pantothenic acid 2,500mg, folic acid 300mg, vitamin B₁₂ 3mg, manganese 80,000mg, zinc 40,000mg, iron 80,000mg, copper 20,000mg, cobalt 200mg, iodine 1,000mg.

Table 2. Fatty acid composition of the diet, supplemented fat and oil

Fatty acid ^a	Treatment [Linseed oil levels (% in diet)]					Animal fat	Linseed oil
	A	B	C	D	E		
	0	1.0	2.0	4.0	6.0		
14:0	0.76	0.84	0.64	0.20	0.18	2.14	0.04
14:1	0.14	0.19	0.15	0.05	0.04	0.48	—
16:0	15.44	16.13	13.55	8.13	6.56	36.82	4.60
16:1	1.33	1.61	1.23	0.29	0.21	4.68	0.05
17:0	0.26	0.36	0.31	0.15	0.11	0.66	0.05
18:0	5.17	6.17	5.38	3.34	3.20	14.26	2.84
18:1	33.76	33.98	30.16	22.24	20.49	2.43	18.17
18:2	39.75	27.73	26.31	25.83	24.16	31.44	14.81
18:3	1.60	11.69	21.30	39.08	42.24	3.56	58.85
20:0	0.35	0.26	0.23	0.17	0.15	0.44	0.13
20:1	0.46	0.50	0.43	0.25	0.20	1.39	0.22
20:2	0.09	0.06	0.05	0.03	0.02	0.30	0.04
20:3	—	—	0.02	0.04	0.06	0.05	0.06
20:4	0.07	0.05	0.03	—	—	0.21	—
20:5	0.26	0.05	—	—	—	0.08	—
22:0	0.13	0.12	0.18	0.10	0.10	0.18	0.11
22:1	0.04	0.04	0.03	—	—	0.08	0.02
22:6	0.27	0.13	0.10	0.09	0.09	0.21	—
Crude fat ^b	6.30	6.74	6.88	6.76	9.13		
18:3 ^b	0.10	0.58	1.10	2.04	2.97		

a: The fatty acids are given as weight percentage of total methyl esters.

b: Crude fat and linolenic acid (18:3) are given as weight percentage of diet.

グラフ法 (GC) により分析した。

また、中性脂質及び極性脂質の各分画毎の脂肪酸組成の分析は、試料をクロロホルム10mlに溶解した後、SEP-PAK CILICA カートリッジカラム (Waters社

製)を通したものと及びさらに7% 石油エーテル/ジェチルエーテル10mlにより溶出されたものを合わせて中性脂質画分とし、さらにメタノール 20mlにより溶出されたものを極性脂質画分として濃縮し、それぞれ脂

質含量及び脂肪酸分析に用いた。

3) GC分析条件

ガスクロマトグラフには、島津製作所GC-14AH型で水素炎イオン化型検出器(FID)付のものを使用した。カラムは、DB-23(J&W社製)φ0.254mm×30m, 膜厚0.25μmを使用した。カラム温度225°C, 注入口温度250°C, 検出器温度250°Cとし、キャリアガスとしてHeガスを1.0kg/cm²の流速で用いた。

結 果

卵黄中の脂質量の変化

飼料の成分組成を変えて飼育した鶏の卵黄中の脂質量の分析結果を Table 3 に示した。飼料中のα-リ

ノレン酸(18:3)の割合を増やしても、鶏卵重量及び卵黄重量に有意な変化はみられなかった。また、卵黄中には総脂質として約35%, うち中性脂質は約22%, 極性脂質は約12%程度が含まれるが、各群ともこれらの脂質含量に変化はみられなかった。したがって、飼料中のα-リノレン酸(18:3)とリノール酸(18:2)との構成比の違いによる卵黄の各脂質分画量への影響は認められなかった。

卵黄中の脂肪酸組成の変化

Table 4 に卵黄中の総脂質における脂肪酸組成の変化を示した。総脂質のうち、最も多く含まれる脂肪酸はオレイン酸(18:1), 次いでパルミチン酸(16:0)であった。飼料中の動物脂を減らし、α-リノレン酸

Table 3. Effect of increased dietary levels of linseed oil on egg yolk lipid

Component*	Treatment [Linseed oil levels (% in diet)]				
	A 0	B 1.0	C 2.0	D 4.0	E 6.0
Egg weight (g)	61.25±3.80	62.49±4.10	61.85±3.66	63.91±5.51	63.18±2.16
Egg yolk weight (g)	16.31±2.10	16.59±1.94	16.87±1.48	16.86±1.28	16.14±0.82
Egg yolk total lipid (%)	35.32±0.31	34.75±0.77	35.46±0.85	35.01±0.78	35.02±0.72
Egg yolk neutral lipid (%)	22.33±0.35	21.33±0.66	22.19±0.69	21.75±0.95	22.00±0.79
Egg yolk polar lipid (%)	12.14±0.57	11.82±0.39	11.79±0.53	11.51±0.23	11.82±0.43

a: Each value is expressed as mean±S.D. of 10 egg samples.

Table 4. Effect of increased dietary levels of linseed oil on fatty acid composition of total lipid in egg yolk

Fatty acid*	Treatment [Linseed oil levels (% in diet)]				
	A 0	B 1.0	C 2.0	D 4.0	E 6.0
14:0	0.28±0.03	0.23±0.03**	0.21±0.03**	0.19±0.01**	0.20±0.02**
14:1	0.07±0.01	0.05±0.01**	0.04±0.01**	0.03±0.004**	0.04±0.01**
16:0	19.10±0.91	18.63±3.52	17.74±0.82**	18.64±0.97	16.10±0.25**
16:1	2.21±0.28	2.01±0.23	1.78±0.22**	1.69±0.21**	1.50±0.17**
17:0	0.17±0.02	0.17±0.01	0.17±0.01	0.15±0.02*	0.15±0.01*
18:0	6.28±0.41	8.94±0.63**	9.02±0.65**	8.99±0.42**	9.01±0.46**
18:1	37.92±1.83	37.14±1.16	35.25±1.35**	33.39±1.20**	31.03±1.32**
18:2	8.69±0.76	7.78±0.55**	7.99±0.47*	8.79±0.73	8.89±0.72
18:3	0.25±0.04	1.40±0.63**	2.51±0.23**	5.16±0.57**	7.23±1.03**
20:1	0.21±0.04	0.17±0.02*	0.15±0.02**	0.13±0.01**	0.14±0.02**
20:2	0.12±0.02	0.07±0.01**	0.08±0.01**	0.07±0.01**	0.06±0.01**
20:3	0.15±0.02	0.04±0.006**	0.05±0.006**	0.10±0.02**	0.12±0.02**
20:4	1.24±0.09	0.85±0.06**	0.71±0.03**	0.54±0.05**	0.50±0.03**
20:5	0.02±0.003	0.05±0.01**	0.09±0.01**	0.14±0.02**	0.16±0.02**
22:6	0.85±0.03	1.22±0.10**	1.25±0.12**	1.17±0.12**	1.28±0.09**
n-3/n-6	0.02	0.06	0.09	0.15	0.19

a: Fatty acids are given as weight percentage of total lipid in egg yolk. Each value is expressed as mean±S.D. of 10 egg samples. Significantly different from the control(A): * p<0.05, **p<0.01.

飼料中の α -リノレン酸が卵黄の脂肪酸組成に及ぼす影響

の多いアマニ油の量を増やしたもののほど α -リノレン酸(18:3), EPA(20:5), DHA(22:6)といったn-3系脂肪酸の割合が増加していた。アマニ油を最も多く(6%)含む飼料を給与した群では、総脂質中の α -リノレン酸(18:3)の割合が7.23%と対照群の0.25%に比し約29倍に増加した。一方、n-6系脂肪酸については、動物脂を減らし、アマニ油を増やしたもののほどオレイン酸(18:1)の割合が減少していたが、リノール酸(18:2)の割合にはほとんど変化がみられなかった。また、A~Eの各群のn-3/n-6比は、それぞれ0.02, 0.06, 0.09, 0.15, 0.21と飼料中の α -リノレン酸割合が増すほど高くなっていった。

さらに、卵黄中の中性脂質及び極性脂質の各画分における脂肪酸組成の変化を、Table 5及びTable 6に示した。いずれの群においても、中性脂質ではオレイン酸(18:1)の割合が40%前後と最も高く、極性脂質ではオレイン酸の他、アラキドン酸(20:4)及びドコサヘキサエン酸(22:6)の割合が比較的高かった。いずれも総脂質と同様に、飼料中の動物脂を減らし、アマニ油の量を増やしたもののほど、 α -リノレン酸(18:3),

EPA(20:5), DHA(22:6)といったn-3系脂肪酸の割合が有意に増加していた($P<0.01$)。A~Eの各群におけるn-3/n-6比は、中性脂質では、それぞれ0.01, 0.04, 0.07, 0.15, 0.20となっており、極性脂質では、それぞれ0.09, 0.16, 0.19, 0.24, 0.31といずれも飼料中の α -リノレン酸量が増すほど値が大きくなっている。

したがって、飼料中の α -リノレン酸割合が高くなるにつれ、総脂質、中性脂質及び極性脂質のいずれの分画においても、 α -リノレン酸を主とするn-3系脂肪酸割合が増加し、それに伴ってn-3/n-6比が大きくなることが明らかとなった。

考 察

産卵鶏用の飼料中にアマニ油を添加して、卵黄中の脂肪酸組成の変化について分析した。同様に、産卵鶏用の飼料中に大豆油、サフラワー油、コンブ(ヨード)等を添加して卵黄中への移行について検討した研究がいくつかある^{8,9)}。これらの結果から、飼料の組成が卵黄の組成にかなり影響を及ぼすことが示唆される。

Table 5. Effect of increased dietary levels of linseed oil on fatty acid composition of neutral lipid in egg yolk

Fatty acid ^a	Treatment [Linseed oil levels (% in diet)]				
	A 0	B 1.0	C 2.0	D 4.0	E 6.0
14:0	0.52±0.06	0.29±0.04 **	0.25±0.03 **	0.25±0.02 **	0.31±0.03 **
14:1	0.01±0.001	0.06±0.01 **	0.06±0.01 **	0.05±0.01 **	0.04±0.01 **
16:0	19.20±1.00	19.21±1.10	18.46±0.72	17.36±0.86 **	17.01±0.07 **
16:1	3.03±0.40	2.54±0.43 *	2.33±0.27 **	2.25±0.25 **	2.02±0.23 **
17:0	0.20±0.02	0.19±0.01	0.19±0.02	0.17±0.03 *	0.15±0.02 **
18:0	5.78±0.43	6.28±0.79	6.47±0.56 **	6.30±0.45 *	6.07±0.43
18:1	44.01±1.69	44.46±1.26	42.68±2.21	40.16±0.29 **	38.92±1.23 **
18:2	9.85±1.03	7.67±0.70 **	8.09±0.69 **	9.17±0.82	8.18±0.79 **
18:3	0.35±0.06	1.79±0.23 **	3.31±0.33 **	7.05±0.79 **	9.11±0.96 **
20:1	0.28±0.03	0.19±0.04 **	0.17±0.02 **	0.15±0.02 **	0.14±0.02 **
20:2	0.11±0.02	0.07±0.01 **	0.06±0.005 **	0.06±0.01 **	0.06±0.01 **
20:3	trace	0.05±0.02	0.06±0.01	0.13±0.04	0.18±0.03
20:4	0.40±0.07	0.29±0.07 **	0.27±0.02 **	0.22±0.03 **	0.20±0.04 **
20:5	0.01±0.001	0.04±0.005 **	0.06±0.01 **	0.09±0.02 **	0.15±0.03 **
22:6	0.24±0.05	0.34±0.10 *	0.40±0.05 **	0.39±0.05 **	0.41±0.06 **
n-3/n-6	0.01	0.04	0.07	0.15	0.20

a: Fatty acids are given as weight percentage of neutral lipid in egg yolk. Each value is expressed as mean±S.D. of 10 egg samples. Significantly different from the control(A): * $p<0.05$, ** $p<0.01$.

Table 6. Effect of increased dietary levels of linseed oil on fatty acid composition of polar lipid in egg yolk.

Fatty acid ^a	Treatment [Linseed oil levels (% in diet)]				
	A 0	B 1.0	C 2.0	D 4.0	E 6.0
14:0	0.08±0.01	0.19±0.03**	0.15±0.02**	0.13±0.01**	0.12±0.01**
14:1	trace	0.04±0.01	0.03±0.006	0.03±0.005	0.03±0.005
16:0	18.39±0.81	15.97±0.80**	16.26±0.71**	13.69±1.48**	12.41±0.64**
16:1	0.70±0.08	0.54±0.10**	0.51±0.05**	0.45±0.06**	0.42±0.05**
17:0	0.14±0.01	0.13±0.02	0.13±0.01*	0.13±0.08	0.13±0.01*
18:0	8.61±0.52	8.84±0.54	9.06±0.41*	9.93±0.67**	9.92±0.68**
18:1	17.40±1.18	16.00±0.95**	16.07±0.36**	14.58±1.21**	13.11±0.94**
18:2	9.71±0.53	7.91±0.51**	8.09±0.37**	7.71±0.40**	8.02±0.54**
18:3	0.06±0.01	0.44±0.08**	0.74±0.06**	1.18±0.08**	1.66±0.10**
20:1	0.08±0.01	0.17±0.02**	0.13±0.02**	0.12±0.01**	0.12±0.01**
20:2	0.18±0.03	0.07±0.01**	0.07±0.01**	0.08±0.01**	0.07±0.01**
20:3	trace	0.04±0.01	0.05±0.006	0.15±0.02	0.18±0.03
20:4	3.79±0.03	2.77±0.22**	2.39±0.11**	2.03±0.28**	1.78±0.18**
20:5	0.05±0.01	0.07±0.02*	0.26±0.03**	0.43±0.06**	0.65±0.08**
22:6	2.67±0.22	3.67±0.23**	4.04±0.33**	4.19±0.44**	4.82±0.48**
n-3/n-6	0.09	0.16	0.19	0.24	0.31

a: Fatty acids are given as weight percentage of polar lipid in egg yolk.
Each value is expressed as mean±S.D. of 10 egg samples.
Significantly different from the control(A): *p<0.05, **p<0.01.

アマニ油には、 α -リノレン酸が58%以上含まれる。このアマニ油に豊富に含まれる α -リノレン酸が、いかに卵黄中の脂肪酸組成に影響するかについて検討した。飼料中の α -リノレン酸割合が高くなるにつれ、卵黄中の総脂質、中性脂質及び極性脂質のいずれの分画においても、 α -リノレン酸を主とするn-3系脂肪酸割合が増加し、n-6系の脂肪酸割合の減少がみられた。その結果、 α -リノレン酸の添加量の増加に伴いn-3/n-6比が大きくなった。したがって、飼料の脂肪酸組成が卵黄の脂肪酸組成に影響を及ぼすことが明らかになった。同様に、放し飼いされた鶏の卵(Greek egg)では鶏舎内で飼育されたものよりn-3/n-6比が大きいことが報告されている^{11,12)}。これらのことは、ヒトにおいても、血液その他の脂質中の脂肪酸組成は食習慣による影響が大きいことを示唆している¹³⁾。

わが国では、虚血性心疾患や乳ガン、大腸ガン等の死亡率が欧米に比べて低く、これは高炭水化物、低動物性たんぱく質・脂肪という伝統的な日本食によるところが大きいことが示唆されている。一方、近年の食生活の欧米化は疾病構造にも変化をもたらしている。動物性脂肪とくに肉類の摂取量の増加は、魚類や食物性繊維の摂取量の減少と相まって血液中のコレステロールや中性脂肪の増加、脂肪酸分画のn-3/n-6比の低下を引き起こし、これが動脈硬化性疾患やアレルギー疾患の増加につながっている可能性が指摘されて

いる^{3,4,7,13)}。これまで高脂血症や動脈硬化を予防するために、血液中の多価不飽和脂肪酸(P)/飽和脂肪酸(S)の比が問題とされてきた。さらに、近年、J. Dyerbergらが行ったエスキモー人とデンマーク人との比較研究^{3,14,15)}以来、脂肪酸組成とくに多価不飽和脂肪酸である、 α -リノレン酸系列(n-3系列)とリノール酸系列(n-6系列)とのバランスが注目されている^{4,7,10,13)}。リノール酸は、コレステロール低下作用が強いものの、過剰摂取により高血圧、血栓性疾患、がん、アレルギー疾患などの発生率を高めることが動物実験から示唆されている^{4,7)}。一方、 α -リノレン酸は、脳神経系の機能を維持するとともに、がんや高血圧の予防、血小板凝集能の抑制による血栓性疾患の予防などに効果があることが報告されている^{4,5,6,7,17)}。また、 α -リノレン酸は、リノール酸と競合関係にあるため、リノール酸との摂取量の比が問題となってくる。 α -リノレン酸は、リノール酸と同様に動物体内では合成することができず、食餌摂取による必須脂肪酸と考えられている。近年のわが国の平均的食事では、リノール酸の摂取は一日当たり10~20gと必要量の十倍以上であるが、 α -リノレン酸系列の脂肪酸は不足していることが指摘されている^{10,13)}。したがって、 α -リノレン酸系列(n-3)/リノール酸系列(n-6)の比は、かなり低いと予想される。

著者らが先におこなった一般住民を対象とした栄養

調査結果^{18,19)}から、わが国の食事内容の中で鶏卵が、脂肪源及び各栄養素の摂取源として主要な位置を占めていることが明らかになった。鶏卵は最も栄養のバランスのとれた食品のひとつである。筆者らは、飼料に工夫をこらすことにより α -リノレン酸系列の脂肪酸

比率を高め、 α -リノレン酸系とリノール酸系とのバランスを改善した卵を作成した。そこで、最も手軽に摂取できる栄養食品としてn-3系脂肪酸を強化した鶏卵を利用することにより、n-3/n-6比の改善が期待できる。

参 考 文 献

- 1) Yamamoto, N., Saitoh, M., Moriuchi, A., Nomura, M., Okuyama, H. ; Effect of dietary α -linolenate/linoleate balance on brain lipid compositions and learning ability of rats. *J. Lipid Res.*, 28, 144-151, 1987.
- 2) 橋本篤史, 奥山治美 : 不飽和脂肪酸必須性の再評価 (脳, 神経機能における必須性), *生化学*, 59, 1233-1238, 1987.
- 3) Dyerberg, J., Bang, H., Stoffersen, E.: Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis? . *Lancet*, 2, 117-119, 1978.
- 4) Shimokawa, T., Moriuchi, A., Hori, T., Saito, M., Naito, Y., Kabasawa, H., Nagae, Y., Matsubara, M., Okuyama, H. : Effect of dietary alpha-linolenate/linoleate balance on mean survival time, incidence of stroke and blood pressure of spontaneously hypertensive rats. *Life Sci.*, 43, 2067-2075, 1988.
- 5) Karmali, R.A., Marsh, J. and Fuchs, C. : Effect of omega-3 fatty acids on growth of rat mammary tumor. *J. Natl. Cancer Inst.*, 73, 451-461, 1984.
- 6) Hori, T., Moriuchi, A., Okuyama, H., Sobajima, T., Tamiya-Koizumi, K., Kojima, K. : Effect of dietary essential fatty acids on pulmonary metastasis of ascites tumor cells in rats. *Chem. Pharm. Bull.*, 35, 3925-3927, 1987.
- 7) 橋本篤司, 片岡雅博, 鳥居新平, 奥山治美 : ラット好中球のロイコトルエン類産生に及ぼす食餌の α -リノレン酸/リノール酸バランスの影響. *アレルギー*, 37, 157-165, 1988.
- 8) 山上善久 : 大豆油やコンブ残燧の給与と鶏卵成分. *養鶏の友*, 31, 20-25, 1989.
- 9) 今枝紀明, 目加田博行, 茂角周三, 後藤啓二, 清水道男, 海老沢昭二 : 飼料中の油脂が産卵成績および卵の脂肪酸組成におよぼす影響. *岐阜県種鶏場研究報告*, 29, 8-14, 1982.
- 10) 坂井恵子, 石川昌子, 奥山治美 : わが国における摂取脂肪の量と質の年次変化. *油化学*, 39, 196-201, 1990.
- 11) Simopoulos, A.P.: Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54, 438-463, 1990.
- 12) Simopoulos, A.P. and Salem, Jr. N.: Egg yolk as a source of long chain polyunsaturated fatty acids in infant feeding. *Am. J. Clin. Nutr.*, 55, 411-414, 1992.
- 13) 奥山治美, 坂井恵子, 森内敦子 : 食品の必須脂肪酸バランスの変化と慢性疾患. *食品衛生学会雑誌*, 30, 1-7, 1989.
- 14) Lands, W.E.M. : *Fish and Human Health*. Academic Press, Orlando, FL, 1986.
- 15) Bang, H.O., Dyerberg, J., Sinclair, H.M.; The composition of the Eskimo food in north western Greenland. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 2657-2661, 1980.
- 16) Dyerberg, J.: Linolenate-derived polyunsaturated fatty acids and prevention of atherosclerosis. *Nutr. Rev.*, 44, 125-132, 1986.
- 17) 野口泰久 : シソ油と α -リノレン酸の生理機能. *油脂*, 43, 44-49, 1990.
- 18) 鈴木和彦, 大森豊緑, 川村悦春, 藤井保人, 緒方正名 : 各栄養素の供給食品からみた日本人の食生活の特性 - 中年男性 -. *岡山県立短期大学研究紀要*, 36, 38-43, 1991.
- 19) 鈴木和彦, 大森豊緑, 藤井保人, 緒方正名 : 米を主食とした食生活の特色. *岡山県公衆衛生学会雑誌*, 3, 20-27, 1991.

平成4年5月29日受付
平成4年6月11日受理