

모유와 유아용 조제분유의 지질 및 지방산 조성*

임 현 숙 · 허 영 란

전남대학교 식품영양학과

Lipid and Fatty Acid Composition of Korean Breast Milk and Infant Formula

Lim, Hyeon Sook · Huh, Young Rahn

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to compare the lipid content and fatty acid composition of the Korean breast milk produced at 1, 2 and 3 months postpartum with the infant formula produced in Korea. The content of total lipids of the breast milk was low compared with the other data of Korean as well as foreign breast milk, and the content tended to reduce during the progress of lactation. The composition of fatty acids of the breast milk was characterized by low saturated fatty acids(SFA) and high $\omega 3$ series of polyunsaturated fatty acids (PUFA), especially 20 : 5 and 22 : 6, so the P/S and $\omega 6/\omega 3$ ratios were high. The formulas had more total lipids, triglycerides(TG) and phospholipids and less cholesterol(CHOL) and free fatty acids than the breast milk. The cholesterol content of the formulas was around 50% of that of the breast milk, so the CHOL/TG ratio was low. Although the formulas varied in fatty acid composition, the formulas had more SFA and $\omega 6$ series of PUFA, but less monounsaturated fatty acids and $\omega 3$ series of PUFA than the breast milk. This study shows that there are some differences in lipid content and fatty acid composition between breast milk and infant formula. Therefore, further studies needed to investigate the physiological effect of this difference on lipid metabolism of infants.

KEY WORDS : breast milk · formula · lipids · cholesterol · fatty acids.

서 론

모유에 함유된 여러 성분 중 지질은 에너지의 주요 급원이며, 필수지방산을 공급하는 중요한 의

채택일 : 1994년 6월 8일

*본 연구는 파스퇴르 유업(주) 모유영양연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

미를 지닌다. 모유의 지질 함량은 미국인의 경우 평균 4.4%로 보고되어 있으며 모체의 영양상태, 식이섭취상태, 분만횟수, 계절 등의 변인에 따라 2.02~5.30%의 변이를 나타내고 있고¹⁾ 한국인의 경우 이부용과 김정수²⁾의 보고에 의하면 평균 3.59%(2.65~4.20%)로 미국인의 함량보다 낮은 수준이다. 모유의 지질은 대부분이 중성지방인 것으로

알려져 있으며 차광종 등⁴⁾은 한국인 모유의 지질 중 99.3%가 중성지질이며 이 중 92.7%가 중성지방이고 기타 0.14%의 당지질과 0.54%의 인지질이 함유되어 있다고 하였다. 이와 같은 지질 조성은 우유의 그것과 상당히 유사하나⁴⁾ 지방산 조성에 있어서는 큰 차이를 보인다. 유즙의 지방산 조성은 모체의 에너지 섭취 수준 또는 섭취한 지방의 지방산 조성에 의해 변화되나⁵⁾ 일반적으로 모유에는 linoleic acid(18:2 ω 6)와 oleic acid(18:1 ω 9) 등 장쇄불포화지방산 함량과 또한 중쇄지방산 함량이 높는데 비하여 우유에는 단쇄포화지방산 함량이 높다.¹⁾²⁾³⁾⁶⁾

지방산 조성의 차이 이외에 모유와 우유의 지질 성분 중 흥미있는 또 하나의 차이점은 콜레스테롤 함량이다. 모유는 우유에 비하여 콜레스테롤이 많이 함유되어 있는데¹⁾⁷⁾ 모유에 콜레스테롤 함량이 높은 잇점으로 중추신경계의 성장 속도가 빠른 유아기에 myelin 합성에 요구되는 콜레스테롤의 요구를 충족시킨다는 점과 콜레스테롤 분해 효소가 일찍 발달될 수 있다는 점 등이 제안되어 있다.¹⁾

조제분유의 제조 시 위와 같은 모유와 우유 간의 지질 성분의 차이를 보정하고 우유 지방의 소화 흡수율이 낮은 점을 보완하기 위하여 탈지유를 원료로 사용하며, 소화율이 높은 여러 종류의 식물성유를 혼합하고 있다. 국내에서 제조되는 몇몇 조제분유에 표시된 바에 의하면 야자유, 옥배유, 정제혼합식물성유지, 월견초유 등을 사용하고 있고 일부 제품에서는 인지질 및 필수지방산 등을 첨가하고 있다. 이들 제품의 지질 함량은 미국 소아과학회 영양위원회가 규정한 유아용 조제분유의 조성 기준치⁸⁾에 적합하다.

그러나 현재까지 한국인 모유와 한국에서 제조 판매되는 조제분유의 지질 함량이나 지방산 조성에 관한 비교는 유제현 등⁹⁾의 문헌을 제외하고는 거의 없는 실정이다. 다만 모유의 조성을 다룬 문헌²⁾¹⁰⁻¹²⁾과 모유와 우유를 비교한 문헌³⁾⁴⁾¹²⁾이 몇편 보고되어 있을 뿐이다. 유제현 등¹³⁾은 국내에서 제조되는 조제분유의 필수지방산 함량은 모유보다 높고 불포화지방산 총량은 모유와 유사하다고 보고하였다. 그러나 이 시기에 필수지방산의 개념은

18:2 ω 6에 집중되어 있었으며 최근에 주목받고 있는 ω 3계열 지방산에 대한 관심은 적었던 관계로 장쇄고도불포화지방산 함량에 관한 성적은 얻어지지 않았다. 한국의 경우 서구 선진국과는 달리 아직도 모유영양율은 감소되고 있으며 인공영양율이 증가되는 추세를 보이고 있어¹³⁾, 유아용 조제분유에 대하여 학계의 많은 관심이 요구되며, 모유의 대체식품으로 개발된 조제분유는 가능한한 모유화되어야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 1, 2 및 3개월 모유와 조제분유의 지질 함량과 지방산 조성, 특히 고도장쇄 불포화지방산 함량을 비교 검토하고자 하였다.

연구방법

1. 모유 및 유아용 조제분유 시료의 채취

출생 시 체중이 정상이고 건강한 남아를 만기에 분만한 산모 중 모유만을 수유하는 11명을 선정하여 이들로부터 모유 시료를 구하였다. 모유 시료의 채취는 수유 1, 2 및 3개월째 되는 날 연구자가 이들의 가정을 방문하여 산모 스스로 약 50 ml의 유즙을 유방의 위치에 관계없이 멸균된 폴리에틸렌 용기에 착유토록 하였다. 착유 즉시 기체 질소를 충전하여 분석 시까지 -20°C에 보관하였다.

유아용 조제분유 시료는 모유 시료를 채취하는 기간 중에 국내에서 제조되어 시중에서 판매되고 있는 유아용 조제분유 3종(M, N 및 P제품)을 구입하였으며 분석 시까지 -20°C에 보관하였다.

2. 지질 성분의 분석

모유 및 조제분유의 총지질 함량은 Folch법¹⁴⁾에 따라 추출하여 증광법으로 정량하였으며, 중성지방, 인지질 및 콜레스테롤 함량은 효소법에 의해 비색 정량하였고, 유리 지방산 함량은 Brunk와 Swanson법¹⁵⁾에 의해 비색 정량하였다. 이때 흡광도는 분광광도계(HP spectrophotometer, Hewlett Packard Co., USA)를 이용하여 측정하였다. 구체적인 분석 방법은 전보¹⁶⁾와 같다.

3. 지방산 조성 분석

모유와 조제분유의 지방산 조성은 Folch 법¹⁴⁾으

로 지질을 추출한 후 5% sulfuric acid/methanol 혼합 용액을 이용하여 methyl ester화 시켰고, 이로부터 petroleum ether를 이용하여 methylated fatty acids를 추출하였으며 gas chromatography(HP gas chromatography 5890, Hewlett Packard Co., USA)로 분리하였다. 분석 조건은 silica capillary column(HP-20 M, Hewlett Packard Co., USA, 0.32 mm ID, 25 m length)을 이용하였고, column 온도는 180°C를 유지하였으며, oven 온도는 200°C까지 매분당 0.2°C씩 증가시켰다. Helium 유량은 매분당 1.6 ml이었다. Injector 온도는 210°C를, flame ionization detector 온도는 250°C를 유지하였다. Chromatogram 상에 분리된 각 지방산은 표준지방산(methylated fatty acids, Sigma Chem. Co., USA)의 머무름 시간과 비교하여 확인하였다.

4. 통계처리

모든 결과의 통계처리는 SAS(Statistical Analysis System) package로 수행되었다.

모유 시료의 각 조사 항목에 대하여 평균과 표준편차를 구하였으며 수유 1, 2, 및 3개월사이의 평균값의 차이는 Duncan's multiple range test로 검

증하였다.

결 과

1. 모유의 지질 조성

수유 기간별 모유의 지질 조성은 Table 1과 같았다. 수유 3개월까지의 평균 총지질 함량은 2,671.2 mg/dl이었으며 중성지방, 인지질, 콜레스테롤 및 유리지방산 조성은 각각 85.6%, 0.9%, 0.6% 및 11.7%이었다. 총지질 함량은 수유기간이 경과되면서 점차 감소되는 경향을 보였으나 유의성을 나타내지는 않았고, 조성에 있어서도 유의한 차이를 보이지 않았다.

2. 유아용 조제분유의 지질 조성

조제분유 3종의 지질 조성은 Table 2와 같았다. 총지질 함량은 N제품이 가장 높았으며 P제품, M제품 순이었다. 한편 조제분유를 규정 농도로 조제하여 총지질 함량을 산출한 결과 역시 N제품이 가장 높았고 P제품, M제품 순이었으며, 3개 제품 모두 모유에 비하여 높았다. 모유의 총지질 함량은 수유 기간이 경과되면서 감소되는 경향을 보인 반면

Table 1. Composition of lipids in the breast milk over the first 3 months of lactation

Item	Stage of lactation (Months postpartum)			
	1	2	3	Overall
Energy(kcal/dl)	67.1±11.7 ^{a1)} (52.1-92.3)	59.0±9.9 ^{ab)} (48.5-76.2)	56.1±10.8 ^{b)} (42.0-75.8)	59.6±9.5 (42.0-92.3)
Total lipids (mg/dl)	3155.2±895.5 ^{a2)} (2000.0-5262.8)	2495.7±974.6 ^{a)} (1607.0-4535.3)	2362.7±1072.6 ^{a)} (1195.0-4219.7)	2671.2±845.3 (1195.0-5262.8)
TG(mg/dl)	2757.0±884.5 ^{a)}	2183.2±942.2 ^{a)}	1972.9±983.4 ^{a)}	2304.4±806.0
(% of total lipids)	86.8±4.3 ^{a)}	86.5±7.1 ^{a)}	82.2±6.6 ^{a)}	85.6±4.7
PL(mg/dl)	29.1±26.7 ^{a)}	23.3±24.5 ^{a)}	21.5±20.1 ^{a)}	24.6±19.5
(% of total lipids)	0.9±0.0 ^{a)}	0.9±0.0 ^{a)}	0.8±0.4 ^{a)}	0.9±0.0
CHOL(mg/dl)	20.4±23.4 ^{a)}	16.2±14.8 ^{a)}	12.8±4.6 ^{a)}	16.5±12.4
(% of total lipids)	0.6±0.4 ^{a)}	0.6±0.3 ^{a)}	0.6±0.3 ^{a)}	0.6±0.3
FFA(mg/dl)	342.3±70.6 ^{a)}	261.2±58.1 ^{a)}	294.7±112.9 ^{a)}	299.4±63.5
(% of total lipids)	11.5±3.1 ^{a)}	11.4±3.9 ^{a)}	13.2±2.9 ^{a)}	11.7±2.7

1) Values are mean±standard deviation of mean. Ranges are given in parentheses.

Values bearing the same superscripts are not significantly different from those of 1, 2 and 3 months of postpartum, respectively(p<0.05).

Abbreviations. TG ; triglyceride, PL ; phospholipid, CHOL ; cholesterol, FFA ; free fatty acid

모유와 유아용 조제분유의 지질 및 지방산 조성

조제분유는 일정하였으므로 함량 차이의 정도는 수유 기간이 경과되면서 더욱 커졌다. 3종의 조제분유의 지질 조성은 제품 간에 큰 차이가 없었으며, 중성지방과 인지질 함량은 모유에 비하여 높았고,

콜레스테롤 함량과 유리지방산 함량은 모유에 비하여 낮았다.

3. 모유의 지방산 조성

수유 기간별 모유의 지방산 조성은 Table 3 및 4와 같았다. 수유 3개월까지의 평균 지방산 조성은 포화지방산 함량이 44.3%이었고 불포화지방산 함량이 52.9%이었으며, 불포화지방산 중 단일불포화지방산은 33.7%, 다가불포화지방산은 19.1%이었고, 다가불포화지방산 중 ω 6계열 지방산은 14.1%이었고 ω 3계열 지방산은 5.1%이었으며, 수유 기간에 따른 뚜렷한 변이를 보이지 않았다. 그러나 개체간 변이는 상당하였다. 특히 다가불포화지방산 함량의 개체간 변이가 가장 크게 나타났으며 ω 6계열 지방산 함량은 4.5배의 변이를 보였고, ω 3계열 지방산 함량은 6.8배의 변이를 보였다. 또한 일부 모유에서는 몇몇 지방산, 즉 18:0, 20:0, 22:0, 24:0, 20:1, 18:3 6, 20:2 ω 6, 18:4 ω 3, 20:4 ω 3 및 20:5 ω 3은 함량이 낮아 검출되지 않았다.

모유 지방산의 불포화지방산 대 포화지방산(P/S) 비율, ω 6계열 지방산 대 ω 3계열 지방산(ω 6/ ω 3) 비율 및 18:2 ω 6/18:3 ω 3 비율은 Table 5와 같았다. 수유 3개월까지의 평균 P/S 비율은 0.46이었고, ω 6/ ω

Table 2. Composition of lipids in the 3 formulas

Item	Kind of formula		
	M	N	P
Energy (kcal/g) ¹⁾	5.9	5.8	5.8
(kcal/dl) ²⁾	84.6	83.1	82.3
Total lipids(mg/g)	226.7	252.6	233.0
(mg/dl)	3233.0	3602.0	3324.0
TG(mg/dl)	3022.5	3388.5	3097.5
(% of total lipids)	93.6	94.1	93.3
PL(mg/dl)	42.0	41.3	39.9
(% of total lipids)	1.3	1.2	1.2
CHOL(mg/dl)	9.6	8.8	9.1
(% of total lipids)	0.3	0.2	0.3
FFA(mg/dl)	154.2	150.6	168.9
(% of total lipids)	4.8	4.2	5.1

1) Values are based on the dry weight of formulas

2) Values are based on the volume of formulas constituted with proper volume of water

Abbreviations. TG ; triglyceride, PL ; phospholipid, CHOL ; cholesterol, FFA ; free fatty acid

Table 3. Saturated fatty acid composition(weight %) of the breast milk over the first 3 months of lactation

Fatty acid	Stage of lactation(Months postpartum)			
	1	2	3	Overall
Saturates				
8:0	0.01±0.02 ¹⁾	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.02 (0.00- 0.06)
10:0	1.21±0.46	0.93±0.23	0.89±0.32	1.02±0.38 (0.35- 1.60)
12:0	7.69±2.22	7.67±0.97	8.43±2.08	7.90±1.88 (5.16-13.21)
13:0	0.05±0.02	0.04±0.03	0.06±0.03	0.05±0.03 (0.00- 0.10)
14:0	7.19±1.55	7.85±1.68	9.13±2.47	8.00±2.07 (4.29-15.11)
15:0	0.24±0.08	0.22±0.09	0.26±0.09	0.24±0.09 (0.10- 0.43)
16:0	21.30±2.12	20.77±2.48	21.35±3.50	21.14±2.73 (14.77-26.59)
17:0	0.26±0.05	0.28±0.07	0.29±0.07	0.28±0.06 (0.16- 0.41)
18:0	4.25±0.52	4.43±0.80	4.17±0.75	4.29±0.70 (3.01- 6.25)
20:0	0.07±0.08	0.08±0.08	0.09±0.09	0.08±0.08 (0.00- 0.26)
22:0	0.26±0.63	0.05±0.15	0.26±0.74	0.19±0.57 (0.00- 2.34)
24:0	1.06±0.89	1.22±1.26	1.01±1.05	1.10±1.08 (0.00- 3.51)
Total	43.60±4.85	43.56±4.66	46.09±7.34	44.29±5.76 (30.08-57.57)

1) Values are mean±standard deviation of mean. Ranges are given in parentheses

3 비율은 3.59이었으며, 18:2ω6/18:3ω3 비율은 10.54로 수유 기간에 따른 큰 차이를 보이지 않았다.

4. 유아용 조제분유의 지방산 조성

유아용 조제분유 3종의 지방산 조성은 Table 6 및 7과 같았다. 포화지방산 함량은 N제품이 가장 높았고 M제품, P제품 순이었으며, 불포화지방산 함량은 반대로 P제품이 가장 높았고 M제품, N제품 순이었다. 단일불포화지방산 함량 및 다가불포화 지방산 함량도 P제품이 가장 높았다. 또한 다가불포화지방산 중 ω6계열과 ω3계열 지방산 함량도

P제품이 가장 높았다. 따라서 제품별로 지방산 조성에 있어 상당한 특성을 나타내었으며 특히 ω3 계열 지방산 함량이 가장 큰 차이를 보였다. 한편 조제분유의 지방산 조성을 수유 1, 2 및 3개월 모유와 비교한 결과는 Fig. 1과 같으며, 함량이 높은 몇몇 지방산 함량을 비교한 결과는 Fig. 2와 같았다. M 및 N제품의 경우 모유에 비하여 포화지방산 함량이 두드러지게 높은 반면 단일포화지방산과 ω6 계열 다가불포화지방산 함량이 낮았다. 이러한 이유는 M 및 N제품의 12:0 함량이 크게

Table 4. Unsaturated fatty acid composition(weight %) of the breast milk over the first 3 months of lactation

Fatty acid	Stage of lactation (Months postpartum)			
	1	2	3	Overall
Monounsaturates				
14:1	0.22±0.12 ¹	0.20±0.08	0.19±0.09	0.21±0.10 (0.05- 0.41)
16:1	3.82±0.80	3.70±0.89	3.93±0.73	3.81±0.82 (2.08- 5.22)
17:1	0.26±0.05	0.43±0.43	0.27±0.07	0.32±0.26 (0.13- 1.69)
18:1	24.73±3.19	25.19±2.72	23.64±2.37	24.55±2.88 (19.80-29.92)
20:1	0.37±0.23	0.45±0.27	0.53±0.53	0.45±0.36 (0.00- 1.96)
24:1	5.12±2.63	4.22±1.84	3.74±2.72	4.40±2.49 (0.97-10.63)
Total monounsaturates	34.51±4.17	34.18±2.89	32.30±1.93	33.74±3.34 (23.38-36.83)
Polyunsaturates				
ω6 series				
18:2	12.01±2.55	12.73±2.49	12.61±3.75	12.43±2.96 (6.11-22.27)
18:3	0.07±0.06	0.09±0.06	0.14±0.04	0.10±0.06 (0.00- 0.22)
20:2	0.33±0.17	0.37±0.12	0.33±0.15	0.35±0.15 (0.00- 0.72)
20:3	0.53±0.18	0.51±0.14	0.47±0.06	0.51±0.14 (0.32- 0.93)
20:4	0.69±0.24	0.70±0.17	0.66±0.25	0.69±0.22 (0.31- 1.18)
sub-total	13.64±2.78	14.40±2.33	14.21±4.16	14.07±3.16 (6.76-30.82)
ω3 series				
18:3	1.16±0.46	1.37±0.27	1.66±1.44	1.38±0.87 (0.42- 5.42)
18:4	0.05±0.08	0.06±0.08	0.10±0.10	0.07±0.09 (0.00- 0.26)
20:4	0.09±0.13	0.38±0.36	0.25±0.21	0.23±0.27 (0.00- 1.13)
20:5	0.48±0.38	0.55±0.45	0.65±0.53	0.56±0.46 (0.00- 1.64)
22:6	3.97±2.41	2.42±0.83	2.68±1.97	3.07±2.00 (0.48-10.47)
sub-total	5.65±2.39	4.41±1.54	5.09±2.85	5.07±2.34 (1.85-12.59)
Total polyunsaturates	19.29±2.94	18.81±2.60	19.30±6.31	19.13±4.17 (12.20-35.20)
Total unsaturates	53.80±4.96	52.99±3.67	51.60±6.90	52.87±5.34 (40.66-65.61)

1) Values are mean± standard deviation of mean. Ranges are given in parentheses

Table 5. The ratio of P/S, $\omega 6/\omega 3$ and $18:2\omega 6/18:3\omega 3$ of the breast milk and the 3 formulas

	Breast milk(Months postpartum)				Kind of formula		
	1	2	3	Overall ¹⁾	M	N	P
P/S	$0.45 \pm 0.10^{1)}$	0.45 ± 0.09	0.46 ± 0.26	0.46 ± 0.16	0.30	0.30	0.50
$\omega 6/\omega 3$	3.67 ± 2.71	3.25 ± 1.22	3.86 ± 3.10	3.59 ± 1.51	8.32	29.73	4.16
$18:2\omega 6/18:3\omega 3$	11.98 ± 2.17	9.51 ± 2.19	10.14 ± 3.36	10.54 ± 1.89	16.34	28.48	16.02

1) Values are mean \pm standard deviation of mean

Abbreviation. P/S : polyunsaturates/saturates, $\omega 6/\omega 3$: $\omega 6$ series fatty acids/ $\omega 3$ series fatty acids

높았으며, 16:1, 18:1 및 24:1 함량과 20:5 $\omega 3$ 및 22:6 $\omega 3$ 함량이 낮았기 때문이었다. P제품의 경우는 모유에 비하여 12:0 함량은 낮았고 18:2 $\omega 6$ 함량은 높았으나 대체로 모유의 지방산 조성에 근사하였다. 몇몇 지방산 즉 24:0, 20:0 및 20:4 $\omega 6$ 은 3종의 조제분유 모두에서 검출되지 않았고 20:1과 18:3 $\omega 6$ 은 P제품에서, 20:3 $\omega 6$ 과 22:6 $\omega 3$ 은 N제품에서, 20:4 $\omega 3$ 은 M과 N제품에서 검출되지 않았다.

조제분유 지방산의 P/S 비율, $\omega 6/\omega 3$ 비율 및 18:2 $\omega 6/18:3\omega 3$ 비율은 Table 5와 같았다.

P/S 비율은 P제품이 가장 높아 모유와 근사한 수준이었고 M과 N제품은 모유에 비해 낮은 수준이었다. $\omega 6/\omega 3$ 비율은 P제품이 가장 낮았으나 모유에 비해 높았고, M 및 N제품은 모유보다 상당히 높은 수준이었다. 한편 18:2 $\omega 6/18:3\omega 3$ 비율은 P제품이 가장 낮았으나 역시 모유에 비해 높았고, M 및 N제품은 모유보다 상당히 높은 수준이었다.

고 찰

본 모유 시료의 1, 2 및 3개월 평균 총지질 함량은 2,671.2 mg/dl로 에너지 함량의 40.3%를 점하고 있었다. 이는 국내에서 보고⁹⁾¹⁰⁾¹⁷⁾¹⁸⁾된 한국인 모유의 지질 함량에 비해 대체로 낮은 수준이었으며 그 차이의 정도는 기 보고된 문헌의 조사 연대가 빠를수록 컸다. 즉, 1991년에 보고된 최문희 등¹⁹⁾의 성적과는 거의 근사하였으나 이상길과 정태호¹⁰⁾의 1985년 성적, 윤태헌 등¹²⁾의 1984년 성적 및 유제현 등⁹⁾의 1982년 성적보다는 낮았다. 문헌마다 분석 방법에 차이가 있을 수 있으나 한국인 모유의 총 지질 함량이 점차 낮아지고 있는 것이 아닌가 하는 점을 시사하여 준다. 이점은 바로 모유의 에너지

Table 6. Saturated fatty acid composition(weight %) of the 3 formulas

Fatty acid	M	N	P
Saturates			
8:0	1.78	2.15	0.77
10:0	2.53	2.66	2.29
12:0	15.09	15.77	2.65
13:0	0.09	0.08	0.13
14:0	8.84	8.55	7.66
15:0	0.33	0.33	0.74
16:0	20.34	19.01	22.25
17:0	0.22	0.24	0.44
18:0	5.32	5.83	7.56
20:0	0.20	0.18	0.15
22:0	0.36	1.91	0.53
24:0	—	—	—
Total	55.10	56.71	45.17

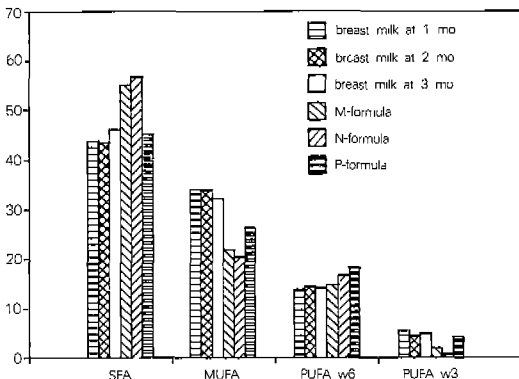


Fig. 1. Percentages of saturates, monounsaturates and polyunsaturates of the breast milks and the 3 formulas.

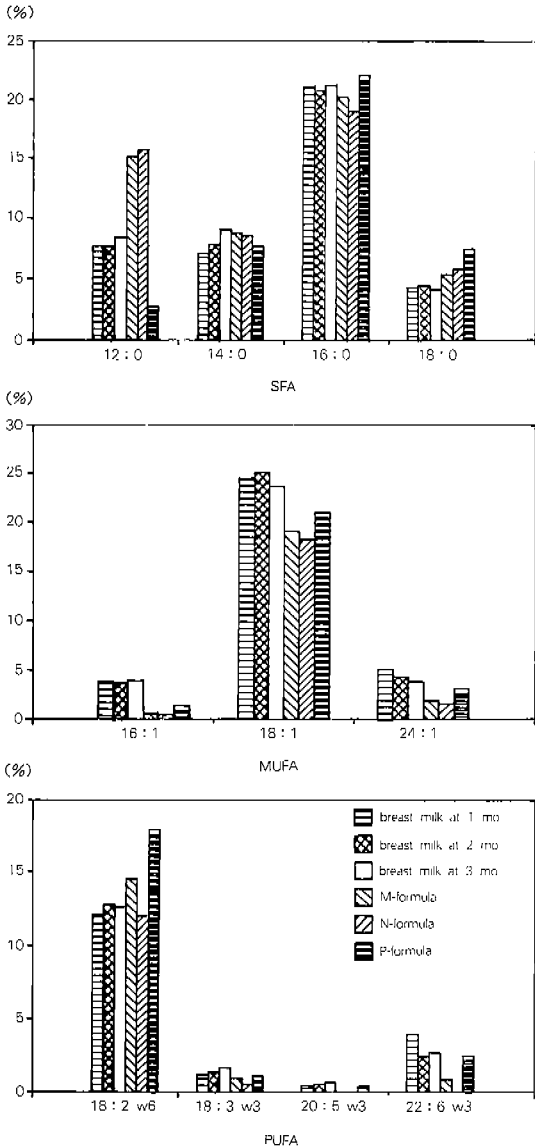


Fig. 2. Percentages of major fatty acids of the breast milks and the 3 formulas.

함량이 낮아지는 원인으로 작용하였다. 또한 비국인¹⁹⁾²⁰⁾ 또는 캐나다인²¹⁾ 등 외국인 모유와 비해서도 낮은 수준이었다. 한편 본 연구에서는 수유 기간이 경과되면서 모유의 총지질 함량이 감소되는 경향을 보였는데 이는 일단 성숙유 단계에 접어들면 모유의 지질 농도에 큰 변동이^{21)~23)} 없다는 주장과 상치된다. 그러나 국내에서 최문희 등¹⁸⁾과 윤태현¹¹⁾이

Table 7. Unsaturated fatty acid composition(weight %) of the 3 formulas

Fatty acid	M	N	P
Monounsaturates			
14:1	0.25	0.21	0.66
16:1	0.56	0.51	1.40
17:1	0.10	0.09	0.20
18:1	19.09	18.18	21.06
20:1	0.15	0.14	—
24:1	1.77	1.43	3.03
Total monounsaturates	21.92	20.56	26.35
Polyunsaturates			
ω6 series			
18:2	14.54	11.96	17.94
18:3	0.19	0.39	—
20:2	—	—	—
20:3	0.13	—	0.09
20:4	0.12	4.30	0.20
sub-total	14.98	16.65	18.23
ω3 series			
18:3	0.89	0.42	1.12
18:4	0.14	0.14	0.30
20:4	—	—	—
20:5	—	—	0.41
22:6	0.77	—	2.55
sub-total	1.80	0.56	4.38
Total polyunsaturates	16.78	17.21	22.61
Total unsaturates	38.70	37.77	48.96

보고한 내용은 본 연구 결과와 마찬가지로 수유 기간이 경과되면서 지질 함량이 감소되었다. 앞서 언급한 바 한국인 모유의 지질 함량이 점차 감소되는 경향을 보이고 있는 점과 성숙유 단계에 접어든 이후 지질 함량이 점차 저하되는 경향을 보이고 있는 점 및 개체 간 변이가 3배 이상 크게 나타나는 점 등은 모유 수유가 권장되는 때에 수유부의 영양섭취상태와 관련해서 더욱 깊이 연구되어야 할 것이며, 또한 유아의 성장에 미치는 영향도 분석되어야 할 것이다.

한편 지질 조성은 중성지방이 85.6%이었고, 인지질은 0.9%, 콜레스테롤은 0.6%이었으며 유리지

방산은 11.7%이었다. 각 지질 분획의 함량도 총 지질량과 마찬가지로 수유 기간이 경과되면서 감소되는 경향을 나타내었다. 그러나 함량비는 수유 기간에 따른 변화를 보이지 않았다. 이러한 결과는 국내의 타문헌¹¹⁾¹⁸⁾²⁴⁾과 비교할 때 중성지방의 함량 및 총지질에 대한 중성지방의 비율은 낮은 편이었고, 유리지방산 함량과 그 비율은 높은 편이었다. 한편 유제현 등⁹⁾은 90~120일 한국인 모유의 중성지질 함량을 4.0~10.7%의 유리지방산 함량을 포함하여 99.0~99.3%라고 하였는데 중성지방과 유리지방산 함량을 합한 본 조사 결과와 근사하였다. 본 연구 결과 유리지방산 함량이 높은 경향을 보인 것은 시료의 저장 기간 중에 -20°C 부근에서도 활성을 나타내는 모유내 지방분해효소²⁵⁾에 의한 가수분해 작용의 결과가 아닌가 생각된다. 인지질 함량비와 콜레스테롤 함량비는 윤태현¹¹⁾의 보고치보다 다소 낮은 수준이었다. 그러나 콜레스테롤 함량은 최문희 등¹⁹⁾ 또는 Mellies 등²⁶⁾의 보고치와 근사하였다.

한편 3종의 유아용 조제분유의 총지질 함량은 3,233.0~3,602.0 mg/dl로 에너지 함량의 36.3~41.2%를 점하고 있었다. 따라서 모유에 비해 지질 함량은 높으나 지질 에너지비는 근사한 수준이었다. 이들 조제분유의 총지질 함량은 1개월령 모유와는 큰 차이를 보이지 않았으나 2 및 3개월령 모유와는 상당한 차이를 보였다. 왜냐하면 수유 기간이 경과되면서 모유의 총지질 함량이 감소되었기 때문이었다. 그러나 모유의 총지질 함량은 개체간 변이가 상당히 컸으며, 3종의 조제분유 모두 모유의 총지질량의 범위를 벗어나지 않았다. 개체별로 보면 조제분유보다 총지질 함량이 높은 모유 시료가 1개월 뿐만 아니라 2 및 3개월에도 상당수 있었다. 조제분유의 지질 조성을 보면 중성지방과 인지질은 모유에 비해 함량도 많았고 조성비도 높았으나 콜레스테롤과 유리지방산은 함량도 적었고 조성비도 낮았다. Picciano 등⁶⁾은 조제분유의 콜레스테롤 함량이 모유의 8~30%로 낮은 점을 지적하면서 콜레스테롤 대사에 끼치는 영향을 염려하였으나 본 조제분유 시료의 콜레스테롤 함량은 모유 함량의 약 50% 수준이었다. 각 지질 분획의 함량과 조성

비는 3종의 제품간에 큰 차이를 보이지 않았으나 총지질 함량이 가장 많은 N제품이 중성지방 함량이 가장 많았고, 그 조성비도 가장 높았다.

본 모유 시료의 지방산 조성은 한국인 모유에 비해 볼 때 단일불포화지방산 함량은 근사하였거나 낮았고 포화지방산 함량은 낮았으며 다가불포화지방산 중 $\omega 6$ 계열 지방산 함량은 유사하였으나 $\omega 3$ 계열 지방산 함량이 높은 특징을 보였다. Gibson과 Kneebone²⁷⁾이 보고한 오스트레일리아 수유부의 40~45일 모유의 조성비와 비교해도 다가불포화지방산 함량이 높은 점이 두드러진다. $\omega 3$ 계열 지방산인 18:3, 20:5 및 22:6 각각 상동 문헌¹¹⁾¹²⁾²⁹⁾에 비해 높았으며 특히 20:5와 22:6 함량이 높았다. 한편 총지질 함량과는 달리 지방산 조성은 수유 기간에 따른 변화를 보이지 않아 Hall²⁸⁾과 Underwood 등²⁹⁾의 보고를 뒷받침하였다. 그러나 개체간 변이는 상당히 컸으며 특히 다가불포화지방산 함량의 변이가 두드러졌는데 이 점은 식이 지방의 영향이라 생각된다. Gibson과 Kneebone²⁷⁾ 및 Guthrie³⁰⁾도 모유 시료 사이에 상당한 표준편차가 있었음을 보고한 바 있다. 지금까지 모유의 지방산 조성을 분석한 보문은 많으나 대체로 필수지방산으로서의 18:2 $\omega 6$ 함량을 주로 고찰하였으며 장쇄고도불포화지방산 함량에 관심이 모아진 것은 이들 지방산의 생리적 기능이 알려진 최근의 상황이다. 따라서 장쇄고도불포화지방산에 관한 정보는 많지 않다. 모유 또는 조제분유의 이들 지방산 함량과 유아의 중추신경계 및 두뇌 발달, 망막 또는 정자 등 이들 지방산이 집중적으로 축적되는 기관에서의 생리적 기능 및 prostaglandins의 합성과 이들을 통한 생리적 기능과의 관계가 더욱 연구되어야 할 것이다. 본 연구 대상자 모유의 18:2 $\omega 6$ 함량은 윤태현 등¹¹⁾¹²⁾의 보고치와는 근사하였으나 최문희 등¹⁸⁾, Guthrie 등³⁰⁾ 및 Putnam 등³¹⁾의 보고치보다는 낮았다.

Beare-Rogers³²⁾가 여러 나라의 모유를 분석한 후 $\omega 6$ 계열의 주 지방산인 18:2함량이 7~16%를 넘지 않았다고 보고한 범위에 들었으며, 일부 채식주의자 모유에는 최고 31.7%의 함량을 보인 경우도 있다고 하였으나 본 연구 시료 중 최고 함량은 22.3%이

었다. 모유의 18:2 ω 6 함량은 수유부의 식이 지질의 종류나 양에 민감하게 영향받으며 불포화지방 섭취량 증가 시 그 함량이 증가된다는 사실은 잘 알려져 있다³⁰⁾³²⁻³⁴⁾. 본 연구 결과 18:2 ω 6 함량이 크게 높지 않았던 점은 식물성유 섭취량이 적었기 때문이라기 보다는 ω 3계열 지방산 함량이 높았기 때문에 18:2 ω 6 함량비가 상대적으로 낮아진 것으로 해석된다. 이와 같은 지방산 조성을 보인 본 모유 시료의 평균 P/S 비율, ω 6/ ω 3 비율 및 18:2 ω 6/18:3 ω 3 비율은 타문헌¹⁸⁾²⁶⁾²⁷⁾³²⁾에 비하여 P/S 비는 높았으나, ω 6/ ω 3 비율과 18:2 ω 6/18:3 ω 3 비율은 낮아 본 모유 시료의 지방산 조성의 특성을 분명히 나타내주었다.

한편 3종의 조제분유의 지방산 조성을 보면 포화지방산 함량은 P제품의 경우 모유에 근사하였으나 M 및 N제품은 모유에 비해 높았다. 그러나 모유의 포화지방산 함량 범위 내의 값이었다. 단일불포화지방산 함량은 3종 제품 모두 모유에 비해 낮았으며 M 및 N제품은 더욱 낮아 모유의 단일불포화지방산 함량의 최저값에 못 미쳤다. 다가불포화지방산 중 ω 6계열 지방산 함량은 3종 모두 모유에 비해 높았으나 모유의 ω 6계열 지방산 함량의 범위 내의 값이었다. Carroll³⁵⁾은 유아용 조제분유의 ω 6계열 지방산 함량을 총지방산의 20% 미만으로 제한하는 것이 바람직하다고 제안하였는데 3종 모두 이 범위 내에 들었다. 본 연구의 총 30개의 모유 시료 중 ω 6계열 지방산 함량이 20% 이상인 경우는 1례가 있었을 뿐이었다. ω 6계열의 주 지방산인 18:2함량은 모유에 비해 N제품의 경우는 낮았고 M과 P제품의 경우는 높은 수준이었다. 한편 ω 3계열 지방산 함량은 제품 간에 상당한 차이를 보였으나 3종의 제품 모두 모유에 비해 낮았으며, 함량이 가장 낮은 N제품의 경우는 모유의 ω 3계열 지방산 함량의 최저값에 들지 못하였다. Carroll³⁵⁾은 유아용 조제분유의 ω 3계열 지방산 함량의 상한선을 4%로 제안하면서 이 중 18:3의 상한선을 3%로, 20:5와 22:6의 상한선은 1%가 바람직하다고 하였다. 그러나 본 모유 시료의 상당수(약 73%)는 이보다 높은 함량을 보였는데 이는 특히 22:6함량이 높았기 때문이었다. 조제분유 중

에서도 P제품은 모유와 마찬가지로 22:6함량이 높아 위의 상한선을 초과하고 있었다. M 및 N제품은 3계열 지방산 함량이 모유보다 낮았으며 20:5는 양 제품에서 모두 검출되지 않았고, 22:6은 N제품에서 검출되지 않았다.

Carroll³⁵⁾은 이상과 같은 상한선의 제안 끝에 유아용 조제분유의 지방산 조성은 정상적인 식이를 섭취하는 모성의 모유에 함유된 지방산 조성에 기초하는 것이 바람직하다는 견해를 피력하였다. 20:5 ω 3 함량 0.8%와 22:6 ω 3 함량 0.5%면 조직의 인지질에 이들 지방산의 적정 수준이 유지된다는 주장³⁶⁾도 있고, 과량 함유 시 불포화지방산은 자동산화에 취약하므로³⁷⁾ 산화물 생성에 따르는 문제와 아울러 혈액응고 저해³⁸⁾ 효과가 나타날 수도 있다는 점들이 이들 장쇄고도불포화지방산 함량을 제한해야 한다는 이론적 배경이다. 그러나 모유에 20:5 ω 3와 22:6 ω 3 함량이 높게 나타난 본 연구 결과는 어느 수준의 제한이 보다 바람직할 것인가에 대한 재고를 강력히 촉구하고 있다. 신생아의 경우 18:3 ω 3으로부터 22:6 ω 3을 합성하는 과정의 제한 효소인 Δ^4 -desaturase 활성이 제한되어 있어 22:6 ω 3으로써 직접 공급되는 것이 바람직³⁹⁾⁴⁰⁾하다는 점도 고려되어야 할 것이다. 최근 중추신경계 및 두뇌 발육과 22:6 ω 3과의 관계에 대한 관심이 모아지고 있으나 아직 충분한 증거를 얻지 못하고 있어 이에 관한 깊은 연구가 요망된다. Crawford 등⁴¹⁾이 이미 주장한 바대로 장쇄고도불포화지방산의 생물학적 가치가 제대로 평가되어 18:2 ω 6 이외에 3계열 지방산이 필수지방산 요구량 결정에 고려되어야 할 것이다.

결 론

이상의 연구 결과는 모유와 유아용 조제분유의 지방과 지방산 조성이 다름을 보여 주었다. 중요한 차이점은 지질 조성 중 모유는 콜레스테롤 함량이 높은 반면 조제분유는 콜레스테롤 함량이 낮고 인지질 함량이 높다는 점과 지방산 조성 중 모유는 ω 3계열의 장쇄고도불포화지방산 함량이 높은 반면 조제분유는 일반적으로 ω 6계열의 장쇄고도불포화

지방산 함량이 높은 점이었다. 또한 조제분유는 $\omega 9$ 계열 즉 단일불포화지방산 함량이 낮고 포화지방산 함량이 높은 특성을 보였다. 그러나 조제분유의 지방산 조성은 제품마다 상당히 상이하였다. 특히 $\omega 3$ 계열 지방산 중 20:5 또는 22:6을 전혀 함유하지 않은 제품도 있었다.

또한 본 연구 결과는 상당수의 모유 시료에서 22:6 $\omega 3$ 함량이 Carroll³⁵⁾이 제안한 유아용 조제분유의 상한선 보다 높은 수준을 나타내어 최근 유아의 중추신경계 및 망막의 발달과 관련하여 어느 수준의 제한이 바람직할 것인가에 대한 재고를 요청하고 있다. 이와 아울러 성숙유 단계에 들어선 모유의 지질함량이 수유 기간이 경과되면서 감소되었던 점, 총지질 함량의 개체간 변이가 3배에 달하였던 점 및 지방산 조성에 있어서도 개체간에 상당히 변이를 보인 점들은 수유 기간 중의 섭식이 양적으로는 물론 질적으로도 조절되어야 하리라는 점을 시사하여 주었다.

Literature cited

- 1) Worthington-Roberts BS, Vermeersch J, and Williams SR. Nutrition in Pregnancy and Lactation. 3rd ed. pp263-265, Times Mirror/Mosby College Publishing. St.Louis, 1985
- 2) 이부용 · 김정수. 한국인의 모유 조성. *한국낙농학회지* 12 : 213-218, 1990
- 3) 차광종 · 황주환 · 유제현. 모유와 우유의 지질에 관한 연구 I. 중성 지질 함량 및 지방산 조성. *한국낙농학회지* 7 : 21-27, 1985
- 4) 차광종 · 황주환 · 유제현. 모유와 우유의 지질에 관한 연구 II. 인지질과 당지질의 함량 및 지방산 조성. *한국낙농학회지* 7 : 28-35, 1985
- 5) Sanders TAB, Ellis FR, Dickerson JWT. Studies of Vegans : The fatty acid composition of plasma choline-phosphoglycerides, erythrocytes, adipose tissue and breast milk and some indicators of susceptibility to ischemic heart disease in vegans and omnivore controls. *Am J Clin Nutr* 31 : 805-813, 1978
- 6) Picciano MF, Gutrie HA, Sheehe DM. The cholesterol content of human milk. *Clin Pediatr*. 171-359,

- 1978
- 7) Pipes PL. Nutrition in Infancy and Childhood. 3rd ed. pp89-92 Times Mirror/Mosby College Publishing. St. Louis, 1985
- 8) Committee on Nutrition, American Academy of Pediatrics. Commentary on breast-feeding and infant formulas including proposed standards for formulas. *Pediatrics* 57 : 278-283, 1978
- 9) 유제현 · 유대열 · 홍사민. 모유와 조제분유의 지질 및 지방산 조성에 관한 비교 연구. *한국낙농학회지* 4 : 109-118, 1982
- 10) 이상길 · 정태호. 한국인 모유의 수유 기간별 각종 지질 분획과 지방산 조성. *소아과학회지* 28 : 977-987, 1985
- 11) 윤태현. 수유 기간의 경과에 따른 인유 총지방질 및 총지방산 조성의 변화. *인간과학* 8 : 537-554, 1984
- 12) 윤태현 · 임경자 · 김을상 · 정우갑. 인유 및 우유의 지방산 조성에 관하여. *한국영양학회지* 11 : 15-20, 1982
- 13) 송요숙. 우리나라에서 영아의 수유 및 이유 보충식 급식 현황과 개선 방향. *한국영양학회지* 24 : 282-291, 1991
- 14) Folch J, Lees M, Stanley GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226 : 497-509, 1957
- 15) Brunk SD, Swanson JR. Colorimetric method for free fatty acids in serum validated by comparison with gas chromatography. *Clin Chem* 27 : 924-926, 1981
- 16) 임현숙 · 허영란. 모유영양아와 인공영양아의 지질대사. *한국영양학회지* 27(5) : 429-441, 1994
- 17) 이종숙 · 김을상. 수유 기간별 모유 분비량과 수유양식에 관한 연구. *한국영양학회지* 24 : 48-57, 1991
- 18) 최문희 · 문수재 · 안홍석. 수유 기간에 따른 모유의 성분 함량 변화와 수유부의 섭식 태도 및 영아의 성장 발육에 관한 생태학적 연구. *한국영양학회지* 24 : 77-86, 1991
- 19) Fineley DA, Lonnerdal B, Dewey KG, Grivetti LE. Breast milk composition : fat content and fatty acid composition in vegetarians and non-vegetarians. *Am J Clin Nutr* 41 : 787-800, 1985

- 20) Clark RM, Ferris AM, Fey M, Brown PB, Hundrieser KE, Jansen RG. Changes in the lipids of human milk from 2 to 16 weeks postpartum. *Pediatr Gastroenterol Nutr* : 311-315, 1982
- 21) Anderson GH, Atkinson SA, Bryan MH. Energy and macronutrient content of human milk during early lactation from mothers giving birth prematurely and at term. *Am J Clin Nutr* 34 : 258-265, 1981
- 22) Blanc B. Biochemical aspects of human milk comparison with bovine milk. *Wld Rev Nutr Diet* 36 : 1-9, 1981
- 23) Jensen RG, Hagerty MM, McMahan KE. Lipids of human milk and infant formulas : A review. *Am J Clin Nutr* 31 : 990-1016, 1978
- 24) Bracco U, Hidalgo J, Bohren H. Lipid composition of the fat globule membrane of human and bovine milk. *J Dairy Sci* 55 : 165-169, 1972
- 25) Bitman J, Wood L, Hamosh M, Hamosh P, Mehta N. Comparison of the lipid composition of breast milk from mothers of term and preterm infants. *Am J Clin Nutr* 38 : 300-312, 1983
- 26) Mellies MJ, Larsen BR, Fixler D, Glueck CJ. Cholesterol, phytosterols and polyunsaturated/saturated fatty acid ratios during the first 12 months of lactation. *Am J Clin Nutr* 32 : 2383-2389, 1979
- 27) Gibson RA, Kneebone GM. Fatty acid composition of human colostrum and mature breast milk. *Am J Clin Nutr* 34 : 252-257, 1981
- 28) Hall B. Uniformity of human milk. *Am J Clin Nutr* 32 : 304-312, 1979
- 29) Underwood BA, Hepner R, Abdullah H. Protein, lipid and fatty acids of human milk from Pakistani women during prolonged periods of lactation. *Am J Clin Nutr* 23 : 400-407, 1970
- 30) Guthrie HA, Picciano MF, Sheeche D. Fatty acid patterns of human milk. *J Pediatr* 90 : 39-41, 1977
- 31) Putnam JC, Carlson SE, De Voe PW, Barness LA. The effect of variations in dietary fatty acids on the fatty acid composition of erythrocyte phosphatidyl choline and phosphatidyl ethanolamine in human infants. *Am J Clin Nutr* 36 : 106-114, 1982
- 32) Beare-Rogers JL. Some aspects of omega-3 fatty acids from different foods. In : Dietary ω 3 and ω 6 Fatty Acids : Biological Effects and Nutritional Essentiality(Galli C, Simopoulos AP. eds.), pp 21-32, Plenum Publishing, New York, 1989
- 33) Mellies MJ, Ishikawa TT, Gartside PS, Burton K, MacGee J, Allen K, Steiner PM, Brady D, Glueck CJ. Effects of varying maternal dietary fatty acids in lactating women and their infants. *Am J Clin Nutr* 32 : 299-303, 1979
- 34) Potter JM, Nestel PJ. The effects of dietary fatty acids and cholesterol on the milk lipids of lactating women and the plasma cholesterol of breastfed infants. *Am J Clin Nutr* 29 : 54-60, 1976
- 35) Carroll KK. Upper limits of nutrients in infant formulas : Polyunsaturated fatty acids and trans fatty acids. *J Nutr* 119 : 1810-1813, 1989
- 36) Liu C-CF, Carlson SE, Rhodes PG, Rao VS, Meydrecht EF. Increase in plasma phospholipid docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids as a reflection of their intake and mode of administration. *Pediatr Res* 22 : 292-296, 1987
- 37) Cho S-Y, Miyashita K, Miyazawa T, Fujimoto K, Kaneda T. Autoxidation of ethyl eicosapentaenoate and docosahexaenoate. *J Am Oil Chem Soc* 64 : 876-879, 1987
- 38) Dyerberg J. Platelet-vessel wall interaction ; influence of diet. *Philos Trans R Soc Lond(Biol)* 294 : 373-381, 1981
- 39) Carlson SE, Rhodes PG, Ferguson MG. Docosahexaenoic acid status of perterm infants at birth and following feeding with human milk or formula. *Am J Clin Nutr* 44 : 798-804, 1986
- 40) Clandinin MT, Chappell JE. Long chain polyenoic essential fatty acids in human milk : Are they of benefit to the newborn ? In : Composition and Physiological Properties of Human Milk(Schaub J. ed.), pp213-222, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1985
- 41) Crawford MA, Hassam AG, Rivers JPW. Essential fatty acid requirements in infancy. *Am J Clin Nutr* 31 : 2181-2185, 1978