

## 마유의 단백질과 지방 조성

Protein and Fat Composition of Mare's Milk:

Some Nutritional Remarks with Reference to Human and Cow's Milk

김기성, 임상동, 서은정 | 신소재연구단

Kee-Sung Kim, Sang-Dong Lim, Eun-Jung Suh | Neo Food Resources Research Group

### 서론

마유는 망아지에게 출생 후 첫 달 동안 가장 중요한 영양소 공급원이 되는 것 외에도 Koumiss라고 불리는 젖산알콜(lactic-alcoholic)음료를 전통적으로 생산하는 중앙아시아 사람들에게 가장 중요한 기본적인 식품 중의 하나이기도 하며 스키타이 부족(Scythian tribes)이 약 25세기 전에 음료로 사용했던 이 고대 음료는 동유럽 전체와 아시아 지역에 널리 소비되고 있다. 말 번식에 가장 중요한 산물인 마유에 대해 서유럽에서는 갓 태어난 망아지의 성장과 건강에 관련된 것을 주로 연구해 오고 있는데 최근에 특히 프랑스와 독일에서는 마유를 인체 영양 공급원으로 활용하는 것에 대해 관심이 크게 증가하고 있다. 최근 이탈리아에서는 마유를 우유 대용유로 활용하거나 알레르기 증상이 있는 어린이들에 대한 치료용 연구 및 새로운 말 품종 개발에 관한 연구가 진행되고 있다. 마유성분을 모유와 우유에 비교하고 인간 영양에 중요한 요소에 대해서 알아본 결과는 아래와 같다.

### 조성분

젖은 신생아기간 동안 포유동물의 영양소의 필수적인 자원이고 기초적인 영양공급원으로 표현되는데 젖의 조성분은 각종 신생아의 영양적 요구에 따라 상당히 다양하다.

포유동물의 젖 성분은 유전학적, 생리학적, 영양적 요소와 환경조건에 따라 매우 다양하다. 마유 조성분 중 단백질과 지방산을 모유, 우유와 비교하여 검토한 결과, 마유에서 단백질 성분은 모유보다 높고 우유보다는 낮았으며 마유의 casein 단백질 함량도 모유와 우유의 중간수준이다. 지방 성분은 모유, 우유와 비교해 보면 마유의 지방 함량이 낮았고 마유와 모유에서 diglycerides와 triglycerides의 함량은 유사했다. 마유와 모유에서 polyunsaturated fatty acid의 비율은 우유보다 뚜렷하게 높은 수준을 보였다. 이러한 마유의 특성으로 마유는 우유보다 인간 영양공급원으로 더 알맞다는 것을 알 수 있다.

마유, 모유, 우유의 영양성분은 영양적 가치에서 보면 상당한 양적인 차이를 보인다(table 1). 마유는

모유 및 우유와 비교 했을 때, 눈에 띄게 적은 지방 성분을 가지고 있다. 마유의 유당 성분은 모유와 비슷하고 우유보다는 높다. 반면에 마유와 모유는 우유와 비교했을 때 단백질과 미네랄 염 성분이 부족하다. 마유의 에너지 수준은 우유와 비슷하고 모유보다는 적다(table 1).

마유와 모유의 당은 galactose와 중추신경세포의 myelinic sheath의 성분을 포함하는 당 공급원으로 유사하며 모유의 minor carbohydrate fractions(미량 탄수화물류, *Bifidobacterium bifidum*의 성장을 촉진시키는 것)의 구조적인 특성은 우유와 모유에서와 같이 충분히 연구되어지지 않았다. Sialic acid는 장의 미생물 성장과 뇌와 중추 신경계의 ganglioside의 glycosylation의 수준에 영향을 미치는 성분이며 모유(~100mg/100mL)에서 발견된 수치는 우유(~20mg/100mL)와 마유(~5mg/100mL)보다 상당히 높다.

전체 단백질과 염 성분은 우유가 풍부한데 비해 마유는 중간수준이고 모유는 그 수준이 매우 낮은 편이다. 몇 가지 영양성분조성을 고려할 때 마유는 우유보다 유아들에게 더 적합한 영양공급원인 것으로 나타났다.

종에 따른 젖의 성분조성 차이는 단일성분을 고려해 봤을 때, 즉 단백질과 지방 성분을 세부적으로 고려해보면 더 큰 차이를 알 수 있다.

## Protein Fractions

### Main Components

마유의 단백질 함량은 모유와 많이 비슷한 반면 우유는 마유나 모유에 비해서 높은 casein 성분을 가지고 있어 *caseineux milk*로 정의되어진다(table 2).

전체단백질 중에서 유청단백질 비율은 마유에서 40%, 모유에서 50%, 우유에서는 20%로 마유는 우유보다 모유에 가까우며 산에 의해 응고되는 특성도 우유단백질은 다른 반추동물(염소와 양)과 비교해서 상당히 다른 특성을 보인다.

마유의 이런 관점에서부터 일반적으로 마유는 우유보다 모유에 유사하고 특히 유청단백질이 풍부한 마유는 필수 아미노산의 공급원으로서 인간 영양에 우유보다 더 유리하다고 평가되고 있다.

**Table 1.** Gross composition of mare's milk in comparison to human and cow's milk

	Mare		Human		Cow	
Fat (g kg <sup>-1</sup> )	12.1	(5-20)	36.4	(35-40)	36.1	(35-39)
Crude protein (g kg <sup>-1</sup> )	21.4	(15-28)	14.2	(9-17)	32.5	(31-38)
Lactose (g kg <sup>-1</sup> )	63.7	(58-70)	67.0	(63-70)	48.8	(44-49)
Ash (g kg <sup>-1</sup> )	4.2	(3-5)	2.2	(2-3)	7.6	(7-8)
Gross energy (kcal kg <sup>-1</sup> )	480	(390-550)	677	(650-700)	674	(650-712)

Mean value, and between brackets, *minimum-maximum* values reported in literature. References common to mare, human and cow: Jenness and Sloan (1970), Alais (1974), Solaroli et al. (1993) and Salimei (1999). References only for mare: Storch (1985) and Mariani et al. (1993).

**Table 2.** Main nitrogen fraction of mare's milk in comparison to human and cow's milk

	Mare		Human		Cow	
Crude protein(g kg <sup>-1</sup> )	21.4	(15-28)	14.2	(9-17)	32.5	(31-38)
True whey protein(g kg <sup>-1</sup> )	8.3	(7.4-9.1)	7.6	(6.8-8.3)	5.7	(5.5-7.0)
Casein(g kg <sup>-1</sup> )	10.7	(9.4-12.0)	3.7	(3.2-4.2)	25.1	(24.6-28.0)
NPN×6.38(g kg <sup>-1</sup> )	2.4	(1.7-3.5)	2.9	(2.6-3.2)	1.7	(1.0-1.9)
True whey protein(%)	38.79		53.52		17.54	
Casein(%)	50.00		26.06		77.23	
NPN×6.38(%)	11.21		20.42		5.23	

Mean value, and between brackets, *minimum-maximum* values reported in literature.

References common to mare, human and cow: Doreau (1994).

References common to human and cow: Alais (1974) and Boland et al. (1992).

References only for mare: Mariani et al. (1993), Pagliarini et al. (1993), Csapó-Kiss et al. (1996) and Martuzzi et al. (2000).

### 유청단백질

유청단백질 조성은 동물 종별로 특이성을 명백히 보여주는데 단일 단백질과 유청효소의 농도와 분포에 의해 차이가 나타나고 있다(table 3).

모유는 우유와 마유에서 많은 양이 존재하는 β-lactoglobulin이 결여되어 있다. 이 단백질은 모유 대체우유로 자란 아이들에게서 상당한 영향을 미치

는 우유 단백질에 대한 알레르기를 일으키는 원인이 되며 이런 알러지 문제는 마유를 사용했을 때 적게 발생하는 것으로 보고되고 있다.

마유에서 항균성 특성은 주로 lysozyme과 소량 존재하는 lactoferrin 존재 때문으로 보이고 이런 항균성 성분들은 우유에서는 부족한 편인데 미생물에 대해서 방어기능을 담당하는 immunoglobulin은 초유에서 풍부한 편이다.

**Table 3.** Whey proteins distribution<sup>a</sup> of mare's milk in comparison to human and cow's milk

	Mare		Human		Cow	
True whey protein (g kg <sup>-1</sup> )	8.3		7.6		5.7	
β-lactoglobulin (%)	30.75	(25.3-36.3)	Absent		20.10	(18.4-20.1)
α-lactalbumin (%)	28.55	(27.5-29.7)	42.37	(30.3-45.4)	53.59	(52.9-53.6)
Immunoglobulins (%)	19.77	(18.7-20.9)	18.15	(15.1-19.7)	11.73	(10.1-11.7)
Serum albumin (%)	4.45	(4.4-4.5)	7.56	(4.5-9.1)	6.20	(5.5-76.7)
Lactoferrin (%)	9.89		30.26		8.38	
Lysozyme (%)	6.59		1.66		Trace	

Mean value, and between brackets, *minimum-maximum* values reported in literature.

References common to human and cow: Boland et al. (1992) and Solaroli et al. (1993).

References only for mare: Pagliarini et al. (1993) and Martuzzi et al. (2000).

Reference only for human: Lönnerdal (1985).

<sup>a</sup>Protease-peptone fraction was not reported in the considered references.

### Casein 단백질

현재까지는 마유 casein 단백질은 퍼센트 근삿값으로 표현되었는데 마유 casein 단백질은  $\beta$ -casein과  $\alpha_s$ -casein을 비슷한 양으로 포함하고 있다(table 4). 주요한  $\alpha_s$ -casein 특히  $\alpha_{s1}$ -casein과  $\alpha_{s2}$ -casein의 비율은 여전히 연구 중에 있으며 최근에 마유  $\kappa$ -casein의 특성이 밝혀지고 있다. 이것은 탄수화물 부분의 존재와 chymosin에 의해 가수분해 되기 쉬운 것과 같은 우유와 모유  $\kappa$ -casein과 유사한 특성을 보이는데 마유에서  $\kappa$ -casein의 비율은 우유나 모유와 비교했을 때 상대적으로 그 비율이 낮은 편이다.

우유 casein 구성은 잘 알려져 있는데 어린이들에게서 알레르기 현상이 일어난다고 믿는  $\alpha_{s1}$ -casein이 상대적으로 풍부하며 마유와 우유 casein은  $\beta$ -casein이 풍부한 모유에 비해 그 함량이 다르다.

마유 casein micelle은 모유와 우유의 micelle과 비교했을 때 가장 크며 micelle의 구조는 종마다 매우 다양한데 우유와 마유의 casein micelle은 스펀지 구조를 가지고 있는 반면 모유는 수많은 통로로 규칙

적이고 매우 느슨한 망상 구조이다. 이것은 주로 높은  $\beta$ -casein micellar에서 발견되지만 pepsin 가수분해 특성에 영향을 준다. 또한 마유와 모유단백질의 응고물은 조직이 부드럽고 세밀하지만 우유는 강한 커드를 형성해서 어린이 소화에는 마유와 모유단백질이 생리적으로 더 적합하다고 평가되고 있다.

### 지방 성분 조성

마유의 지방 조성은 모유 및 우유와 비교했을 때 매우 낮다(table 1). 우유에서 지방은 유화된 지방구로 흩어져 있으나 마유지방은 약 2~3  $\mu\text{m}$  크기의 지방구로 구성되어있다. 마유 지방구는 3겹으로 쌓여 있는데 안쪽은 단백질층, 중간층은 인지질막, 바깥층은 분자량이 큰 당단백질로 구성되어 있고 이 당단백질의 표면에는 모유의 지방구와는 유사하나 우유에서는 발견되지 않는 가지로 된 oligosaccharide 구조가 있다.

모유에서 지방구는 약 4  $\mu\text{m}$ 의 평균 직경을 가지

**Table 4.** Casein distribution of mare's milk in comparison to human and cow's milk

	Mare	Human	Cow
Casein (g kg <sup>-1</sup> )	10.7	3.7	25.1
$\alpha_s$ -casein (%)	46.65 (40.2-59.0)	11.75 (11.1-12.5)	48.46 <sup>a</sup> (48.3-48.5)
$\beta$ -casein (%)	45.64 (40.1-51.4)	64.75 (62.5-66.7)	35.77 (35.8-37.9)
$\kappa$ -casein (%)	(7.71) <sup>b</sup>	23.50 (22.2-25.0)	12.69 <sup>c</sup> (12.7-13.8)
Micelles size (nm)	255	64	182

Mean value and, between brackets, *minimum-maximum* values reported in literature.

References common to mare, human and cow: Buchheim et al. (1989).

References common to human and cow: Creamer (1991) and Boland et al. (1992).

References only for mare: Abd El-Salam et al. (1992) and Ochirkhuyag et al. (2000), Malacarne et al. (2000).

Reference only for human: Cuilliere et al. (1999).

<sup>a</sup>38.46  $\alpha_{s1}$ -casein and 10.00  $\alpha_{s2}$ -casein.

<sup>b</sup> $\kappa$ -casein and other fractions not characterised.

<sup>c</sup>100% was reached with  $\gamma$ -casein fraction (3.08%).

고 있으며 바깥층은 lipase 결합에 의해 소화를 촉진시키는 마유의 것과 유사한 당단백질 성분으로 덮여 있다. 우유에서 지방구는 3~5 μm의 평균적인 지름을 가지고 있고 단백질과 인지질로 구성된 바깥층이 얇은 보호막에 의해 감싸져 있다.

### Triglycerides

마유의 지방은 모유와 우유의 triglyceride 보다 적고(table 5) di-와 tri-glyceride에서 탄소 원자의 수는 종마다 다양한 특징이 있다. 마유와 모유 지방에서 분포는 종류별 unimodal 패턴(50-52 탄소원자에서 최대)에 따른 반면, 우유에서는 bimodal 패턴(30-40 탄소원자의 범위에서 첫 번째 최대이고 42-54에서 두 번째 최대)을 보인다.

영양학적 관점에서 triglyceride 구조는 지방분해효소와 지방 흡수의 활성화에 영향을 주는 중요한 요소이다. 모유에서 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>)는 아이들이 지방산의 흡수에 대해 좋은 영향을 주는 sn-2 위치에 있다. 그러나 이것은 아직 확인되지 않았으며 마유에서 C<sub>16:0</sub>은 우선적으로 sn-2 위치에 연결되어 있지만 반면에 우

유에서 C<sub>16:0</sub>은 1과 2 위치에 균형 있게 위치해 있다.

### Phospholipids

주로 고도불포화 지방산으로 구성된 복합 성분인 인지질은 세포막과 신경세포의 구성성분으로서 모든 살아있는 세포에 존재하며 마유의 인지질 구성은 모유 및 우유의 인지질 성분과 다른데 모유와 비교했을 때, 마유의 인지질은 phosphatidylethanolamine(31% vs 20%), phosphatidylserine(16% vs 8%)이 풍부하고 phosphatidylcholine(19% vs 28%), phosphatidylinositol(trace vs 5%)은 적으며 sphingomyelin 함유량은 유사하다(34% 마유 vs 39% 모유).

### Sterols

마유는 우유 및 모유와 비교했을 때 비누화 할 수 없는 스테롤이 높은 비율을 보이며(table 5) 모유는 비누화할 수 없는 성분이 낮는데 마유는 우유와 성분함량이 비슷하다. 마유, 모유, 우유에서 스테롤

**Table 5.** Lipids composition of mare's milk in comparison to human and cow's milk

	Mare	Human	Cow
Fat (g kg <sup>-1</sup> )	12.1	36.4	36.1
Triglycerides (%)	81.1 <sup>a</sup>	98.0	97.0
Phospholipids (%)	5.0	1.3	1.5
Unsaponifiable (%)	4.5 <sup>b</sup>	0.7	1.5
Free fatty acids (%)	9.4	Trace	Trace

Reference only for mare: Pastukhova and Gerbeda (1982).

Reference only for human: Jensen et al. (1990).

Reference only for cow: Alais (1974).

<sup>a</sup>Mono- and di-glycerides 1.8%.

<sup>b</sup>Non identified fractions 0.3%.

의 일부는 콜레스테롤로 구성되어 있다(모든 젖에서 지방 성분의 약 0.3~0.4%).

### Fatty Acids

마유를 모유, 우유와 비교했을 때 특히 stearic과 oleic acid가 부족하고, palmitoleic, linoleic, linolenic acid는 풍부하다(table 6). 모유와 유사하고 우유와는 다르게 포화지방산 함량이 낮는데 높고 낮은 탄소원자의 지방산에서 그렇다(C<sub>4:0</sub>; C<sub>6:0</sub>; C<sub>16:0</sub>; C<sub>18:0</sub>). 전체적으로 마유와 모유의 불포화지방산 함량은 유사하고 이는 우유보다 높거나 같은데 이것은 주로 중간 또는 많은 수의 탄소원자를 가진 PUFA(polyunsaturated fatty acids)가 높기 때문이며 높은 불포화성은 영양적으로 유익한 부분이다. 마유에서 monounsaturated fatty acid의 함량은 모

유보다 낮고 우유와 비슷하며(table 7) 유리지방산은 상당량이 마유에서 발견되지만 모유와 우유에서는 오직 극소량만이 존재한다(table 5).

### Polyunsaturated Fatty Acids

마유에서 지방조성은 다른 종류의 젖과 비교했을 때 linoleic과 특히 linolenic acid와 같은 polyunsaturated fatty acid 함유가 높은 점이 다르다(table 7). Omega-6 group의 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>)와 omega-3 group의 alpha-linolenic acid(C<sub>18:3</sub>)는 기초지방산으로 평가되는데 이는 동물체에서 합성할 수 없기 때문이고 중요한 생리적 기능을 수행한다. 인체연구에서 linolenic acid는 prostaglandin E 전구체로서의 위궤양 예방기능을 갖고 있는 것으로 알려지고 있다.

**Table 6.** Percentages of fatty acids relatives to total fatty acids of mare's milk in comparison to human and cow's milk

		Mare	Human	Cow
C <sub>4</sub>	Butyric (%)	0.2	0.1	1.4 (1.4-3.3)
C <sub>6</sub>	Caproic (%)	0.4	0.2	2.1 (1.6-2.2)
C <sub>8</sub>	Caprylic (%)	3.3 (1.0-5.9)	0.3 (0.1-0.3)	1.7 (1.3-1.8)
C <sub>10</sub>	Capric (%)	8.6 (3.7-15.1)	2.0 (1.1-2.1)	3.5 (3.0-3.6)
C <sub>12</sub>	Lauric (%)	9.3 (3.5-14.7)	6.8 (3.1-7.2)	3.9 (3.1-4.0)
C <sub>14</sub>	Myristic (%)	8.5 (4.6-10.2)	10.4 (5.1-10.9)	12.6 (13.0-14.2)
C <sub>16</sub>	Palmitic (%)	23.8 (19.7-27.9)	28.1 (20.2-29.6)	29.5 (30.2-42.7)
C <sub>16:1</sub>	Palmitoleic (%)	6.1 (3.9-9.7)	3.5 (3.7-5.7)	1.7
C <sub>18</sub>	Stearic (%)	1.7 (1.1-3.1)	6.9 (6.0-8.6)	13.3 (5.7-13.7)
C <sub>18:1</sub>	Oleic (%)	19.1 (12.1-28.3)	33.6 (33.3-46.4)	26.3 (16.7-27.1)
C <sub>18:2</sub>	Linoleic (%)	9.6 (5.1-15.5)	6.4 (6.0-13.0)	2.9 (1.6-3.0)
C <sub>18:3</sub>	Linolenic (%)	9.4 (2.8-15.7)	1.7 (1.0-3.4)	1.1 (0.5-1.8)

Mean value and, between brackets, *minimum-maximum* values reported in literature.

References common to human and cow: Alais (1974), Travia (1986), Jensen et al. (1990), Solaroli et al. (1993).

References only for mare: Antila et al. (1971), Kulisa (1977), Doreau et al. (1992, 1993), Intrieri and Minieri (1970), Csapó et al. (1995), Salimei et al. (1996), Mariani et al. (1998), Martuzzi et al. (1998).

**Table 7.** PUFA of mare's milk in comparison to human and cow's milk

	Mare	Human	Cow
Saturated fatty acids (%)	55.8	54.8	68.0
-C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>8</sub> (%)	3.9	0.6	5.4
-C <sub>10</sub> , C <sub>12</sub> , C <sub>14</sub> , C <sub>16</sub> , C <sub>18</sub> (%)	51.9	54.2	62.6
Unsaturated fatty acids (%)	44.2	45.2	32.0
C <sub>16:1</sub> , C <sub>18:1</sub> (%)	25.2	37.1	28.0
C <sub>18:2</sub> , C <sub>18:3</sub> (%)	19.0	8.1	4.0

References: see Table 6.

고도불포화지방산(PUFA)은 모든 세포막의 필수적인 구성성분으로 LC-PUFA(long-chain polyunsaturated fatty acids)의 전구체이며 어떤 LC-PUFA는 eicosanoid의 전구체로서 다양한 세포 조직기능을 조절하는 강력한 생물학적 활성을 가진 물질로, 마유와 Koumiss가 간염, 만성 폐양, 폐결핵에 대해 치유력이 있는 것은 이와 같은 물질의 함량이 높기 때문일 것이다.

### Conjugated Linoleic Acid Group

우유 지방은 CLA(conjugated linoleic acid)로부터 강력한 항발암 물질이 있는 중요한 공급원이며 마유는 CLA가 미량이고(총지방산의 0.09%) 모유의 CLA 함량은 0.2~1.1%로 다양하다고 보고되어 있다.

### Conclusions

모유 및 우유와 비교했을 때 마유는 낮은 지방 함량 때문에 낮은 에너지 수준을 보이는 반면에 당 함량은 마유와 모유는 비슷하다. 마유의 전체 단백질과 염 함량은 모유와 비슷한데 반해 염이 풍부한

우유는 모유의 대체소재로 덜 적합하다.

유청단백질과 NPN 농도에 관한 마유의 단백질 시스템은 모유와 유사한 반면에 우유의 높은 casein 함량은 마유 또는 모유와 다르고 마유의 유청단백질의 함량과 패턴은 인체 영양공급원으로 우유보다 더 유리하다. 마유의 casein은  $\beta$ -casein과  $\alpha_s$ -casein이 거의 동일한 비율로 구성되어 있으나 모유 casein은  $\beta$ -casein 비율이 높고 우유 casein은  $\alpha_s$ -casein이 높아 유아에서 알레르기를 일으키는 원인이 된다고 알려지고 있다. 마유와 모유는 세밀하고 부드러운 응고물을 형성하여 우유보다 쉽게 소화할 수 있다.

마유와 모유 지방구 바깥층과 마유와 모유에서 di, tri-glycerides의 분포는 상호 유사한 면이 있고 마유와 모유에서 불포화 지방산 비율은 우유보다 높는데 이는 중간과 많은 수 탄소원자를 가지는 PUFA(polyunsaturated fatty acids) 함유량이 높기 때문이다.

마유의 성질과 구성성분에 대한 많은 연구 필요 성에도 불구하고, 전체적으로 마유가 어린이들을 위한 영양공급원으로 우유보다 더 적합하다는 것을 이상의 고찰로 결론을 내릴 수 있다.

● 자료출처 ●

Malacarne M, Martuzzi F, Summer A, Mariani P, Protein and fat composition of mare's milk: some nutritional remarks with reference to human and cow's milk, Int Dairy J, 12(11), 869-877, 2002

김기성 농학박사

소 속 : 한국식품연구원 신소재연구단

전문분야 : 우유가공 및 유제품 품질관리

E-mail : keeskim@kfri.re.kr

T E L : 031-780-9081

본 내용은 자료출처의 원문을 번역 기술한 것입니다.