

총설

산양유의 조성과 그 식품영양학적 의의

김효희 · 박영서¹ · 윤성식*

연세대학교 생명과학기술학부, ¹가천대학교 식품생물공학과

Major Components of Caprine Milk and Its Significance for Human Nutrition

Hyo-Hee Kim, Young-Seo Park¹, and Sung-Sik Yoon*

Division of Biological Science and Technology, Yonsei University
¹Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University

Abstract Recently, infant formula products made of caprine milk have gained popularity, mainly because the nutritional composition of caprine milk is similar to that of human milk. In addition, caprine milk is considered to be better than bovine milk in terms of nutrient composition and easier digestion. Compared to bovine milk, caprine milk contains more β -casein, but less α S₁-casein. While the lactose concentration of both bovine and caprine milk is almost the same, a content of total oligosaccharides in caprine milk was approximately five to eight times higher than that in bovine milk. However, as the dairy goat industry in Korea is in a nascent stage of milk production and further processing, many nutritional advantages of caprine milk over bovine milk are not fully conveyed to general consumers. It is recommended that scientific research regarding the nutritional benefits of caprine milk needs to be conducted urgently, owing to the increasing domestic sales of infant formula products made of caprine milk.

Keywords: caprine milk, bovine milk, lactose-derived oligosaccharide, prebiotics

서론

지구상에 존재하는 여러 포유동물 가운데 모유(human milk)는 약 2억 년 동안 다양한 환경 하에서 오랜 자연선택과정을 통하여 얻어진 천연식품이다. 최근 들어 의학, 생화학, 영양학 등 생명과학 분야의 빠른 발전과 더불어 모유의 생물학적 특성과 다양한 성분들이 구명되면서 오늘날에는 모유 중에 함유된 각 성분들의 화학적 구조는 물론 영양학적으로 유익한 효능들이 밝혀지게 되었다. 모유는 유아의 건강을 좌우하는 가장 중요한 인자이기 때문에 모유 중에 함유된 특정 성분과 유아의 건강한 성장과 발달 사이에 존재하는 직접적인 관련성은 모성과 유아 간 이 상적인 상호작용으로 이해되고 있다(1). 이미 많은 연구결과에서 밝혀진 바와 같이 모유에는 수많은 생리활성 물질들이 함유되어 있어서 이것을 섭취하는 유아는 성장, 자극, 면역기능, 인식능력이 향상되고 병원성 미생물의 공격으로부터 피할 수 있다(2,3).

한편 모유와 자주 비교되는 우유(bovine milk)는 모유를 대체할 수 있을 정도로 인체에 다양한 영양소를 골고루 공급하는 완전체로 가까운 식품으로 인식되어 왔다. 그러나 지구상 많은 인종 중에는 우유 섭취 후 민감한 반응을 보이는 유당불내증(lactose

intolerance) 환자들이 많기 때문에 인간이 식품으로 이용하는 포유동물의 유제품을 모유의 성분들과 비교하면서, 특별히 모유의 성분·조성과 가까운 유제품이 학계의 주목을 끌게 되었다. 그 중 하나가 바로 산양유(goat milk)이다. 널리 알려진 바와 같이 유(젖)산양은 Saanen 종, LaMancha 종, Toggenburg 종, African Dwarf 종, British Alpine 종, Nubians 종 등이 사육되고 있다(4). Holstein 종과 같이 평탄한 지형에서 방목하는 젖소와 달리 유산양은 비탈진 산지에 적합한 축종으로 알려져 있다. 게다가 두당산유량이 하루 3-4 L 정도로 적고 착유횟수가 많아 착유에 많은 노동력이 투입되는 큰 단점이 있다(5). 그 외에 착유 및 위생상의 기준이 까다로운 점도 산양유 산업이 발전하는데 제약이 되고 있다. 우리나라는 지난 2011년 미증유의 구제역 사태 이후 축종을 다양화할 필요성이 대두되면서 Holstein 위주의 낙농업에서 질병에 강한 Jergey 종과 같은 품종으로 바꾸거나(6), Saanen 종과 같은 유산양 목장을 육성하는 것이 바람직하다는 주장이 제기되었다. 그러나 유산양은 사료나 사육하는 방식에 따라서 그 성분과 함량이 달라지기 때문에 산양유의 영양효과를 구명하기 위해서는 향후 많은 연구가 필요하다. 본 총설에서는 최근 국내 소비자들로부터 인기를 끌고 있는 산양유의 성분조성과 그 식품학적 의의를 검토하고자 한다.

*Corresponding author: Sung-Sik Yoon, Division of Biological Science and Technology, Yonsei University, Wonju, Gangwon 220-710, Korea

Tel: 82-33-760-2251

Fax: 82-33-760-5576

E-mail: sunsik@yonsei.ac.kr

Received October 12, 2013; revised November 20, 2013;

accepted December 10, 2013

산양유의 성분과 조성

유산양은 지난 1990년대 초 국내에 소개되었고 2003년에 처음으로 산양유를 이용한 분유제품이 출시된 이후 산양유를 가공한 유아용 조제분유 시장이 빠르게 성장하고 있다(7). 지금까지 여러 학술논문에서 보고된 바와 같이 산양유는 그 성분과 조성 및 이

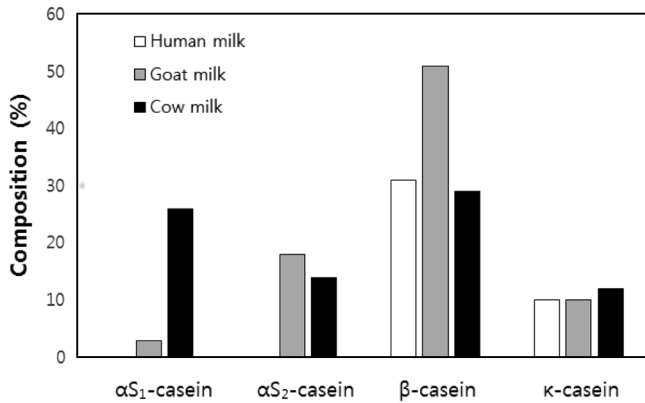


Fig. 1. Casein composition in mature caprine, bovine and human milk (14).

화학적 성질 면에서 우유와는 상당히 다른 특성을 지닌다. 산양유는 우유보다 더 희고, 탄소수가 적은 지방산이 비교적 풍부하기 때문에 향미가 강한 편이고, pH는 알칼리성을 띤다. 총고형분 함량은 11-13% 정도로서 우유보다 진하다(8). 우유는 모유와 다른 단백질 조성 및 칼슘 함량의 차이로 인하여 위 내에서 단단한 curd (응유물)가 만들어지므로 모유에 비하여 소화율이 떨어진다. 그러나 산양유는 단백질 구성과 개별 지방산의 구성이 오히려 모유에 가깝기 때문에 비교적 소화율이 높다고 알려져 있다(9,10).

산양유 단백질의 종류와 조성

산양유에 함유된 단백질의 조성은 우유와 다르다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 모유 및 우유에 포함된 단백질의 종류를 서로 비교하면 αS₂-casein, β-casein, κ-casein, α-lactalbumin, β-lactoglobulin 등 주요 구성 단백질의 총 함량은 서로 비슷하지만 αS₁-casein과 β-casein의 함량은 현저한 차이를 나타낸다(11). 특히 β-casein은 산양유 단백질 중 가장 큰 비중을 차지하는 단백질이다. 또한 산양유는 우유에 비하여 단백질 중 casein이 차지하는 비율이 낮으며, 단백질 구성은 우유보다는 오히려 모유와 매우 유사하다(12,13). 유즙 단백질은 크게 casein (αS₁-casein, αS₂-casein, β-casein, κ-casein)과 유청단백질(β-lactoglobulin, α-lactalbumin 등)로 나누며, casein은 유즙 내에서 총 단백질의 77% 정도를 차지하고 있는 주요 단백질이다. 산양유 중 casein 분포를 살펴보면 αS₁-casein 5.6%, αS₂-casein 21.2%, β-casein 62.8% 및 κ-casein 10.4%로서, 우유의 αS₁-casein 33%, αS₂-casein 18%, β-casein 36% 및 κ-casein 13%와 상당한 차이가 있다(14). 모유에는 없는 αS₁-casein이 우유에는 상당히 많은 반면 산양유에는 매우 적다. 그러므로 산양유 중 주요 단백질은 αS₂-casein 및 β-casein인 반면, 우유는 αS₁-casein과 β-casein이라 할 수 있다. 산양유 중 αS₁-casein 함량은 품종에 따라 차이가 있지만 대체로 우유보다 적다. 따라서 유즙의 αS₁-casein 함량을 파악하는 것은 소화율을 예측하는 생물지표로 활용할 수 있기 때문에 그 의미가 크다(15). 앞에서 지적한 바와 같이 우유에 많이 존재하는 αS₁-casein은 위산에 응고되어 단단한 덩어리를 형성하여 소화를 방해하는데, 산양유는 모유와 같이 β-casein의 함량이 높고 αS₁-casein의 함량이 비교적 적어 부드러운 curd를 형성함으로써 소화가 용이하다(16). 게다가 산양유의 casein 단백질은 모유의 casein 단백질과 분자 구조가 유사하여 소화 흡수력이 좋을 뿐만 아니라 설사 또는 복통 등을 야기하는 경우가 드물고, casein micelle의 평균직경이 80 nm 정도로서 100-250 nm인 우유에 비하여 매우 작다(17). 또

Table 1. Fatty acid compositions of caprine and bovine milk fat (35) (Unit: %)

Fatty acids	Caprine milk	Bovine milk
C _{4:0} Butyric acid	1.2	0.2
C _{6:0} Caproic acid	2.6	1.8
C _{8:0} Caprylic acid	3.3	1.1
C _{10:0} Capric acid	12.6	2.7
C _{12:0} Lauric acid	5.6	3.2
C _{14:0} Myristic acid	12.9	12.3
C _{16:0} Palmitic acid	28.4	45.7
C _{16:1} palmitoleic acid	0.6	2.2

한 산양유는 응유효소인 rennet 처리에 의한 응고시간이 길고, 생성된 curd의 강도가 연약한 편이다. 산 첨가에 의해 응고된 산성화 젤의 조직도 부드럽고 연약하다. 산양유의 이러한 특징들은 실제로 인체의 소화관 내에서 응고 및 가수분해가 용이함으로써 결과적으로 소화흡수가 잘 된다는 증거가 될 수 있다(18). 산양유는 이러한 특징 때문에 종종 위궤양 환자의 식이요법 음식으로 이용될 수 있다. 산양유가 우유보다 알레르기를 덜 일으킨다는 몇몇 임상적 사례가 보고되었으며(19), 따라서 우유 단백질을 섭취하면 쉽게 알레르기를 일으키는 사람들에게 산양유는 우수한 영양소 공급원으로서 식품학적 가치가 있다(9).

지방구 및 구성 지방산 조성

산양유는 개별 지방산의 구성이 우유와 현저히 다르다. 앞에서 언급한 바와 같이 지방구의 입자가 우유보다 더 작고 균일한 특징 외에 지방구의 구성이나 특성은 우유와 비슷한 편이다(12). 무엇보다도 산양유가 가지는 특징은 지질 중에 단쇄 지방산(C₄-C₆)과 중쇄 지방산(C₈-C₁₂)이 많이 함유되어 있다는 점이다(9). 지방산은 지방구에 들어있는 성분으로 분자 내 이중결합이 있는 불포화 지방산이 포화지방산보다 영양학적으로 우수하다. 우유는 포화 지방산이 많은 반면 모유는 불포화지방산이 상대적으로 풍부하므로 인체에 유익하다고 볼 수 있다. 산양유의 지방산을 살펴보면 caprylic acid (C₈), capric acid (C₁₀)와 같은 중쇄 지방산 (medium-chain fatty acid)이 우유보다 약 2배 정도 더 많이 함유되어 있어 소화 흡수 시 장쇄 지방산보다 분해되는 속도가 빠르다(9,15). 게다가 중쇄 지방산은 혈장 콜레스테롤을 저하시키는 작용을 하고 대사속도를 촉진하기 때문에 관상동맥, 소아 간질, 낭포성 섬유증, 담석증, 동맥경화, 고혈압 및 저혈압 등 다양한 질병을 치료하는 식이요법으로 권장된다.

Table 1은 우유 및 산양유 중 지방산 조성을 나타낸 것이다. 탄소 사슬의 길이가 C₈-C₁₂인 중쇄 포화지방산 (medium-chain saturated fatty acid) 함량이 우유보다 높다. Octanoic acid (caprylic acid, C_{8:0})와 decanoic acid (capric acid, C_{10:0})의 함량은 산양유가 우유보다 훨씬 높게 분석되었다. 그러나 탄소수가 16개인 palmitic acid 함량은 우유가 산양유보다 월등하게 높은 것으로 나타났다. 통상적으로 지질 소화율은 반응물질인 지질로부터 유리되는 유리 지방산 (free fatty acid)의 함량으로서 결정된다(20) 산양유와 우유의 지질 소화율은 각각 0.62 mEq/L 및 0.12 mEq/L였다. 이 실험값으로부터 보면 산양유가 우유보다 5배 정도 소화가 잘 된다고 판단된다. 실제로 산양유의 지질은 lipase 처리에 의해서 우유의 지질보다 더 잘 분해되었다. 콜레스테롤의 경우 우유 100 g당 14-17 mg의 콜레스테롤을 함유하는 반면, 산양유는 11-25 mg 함유하는 것으로 나타나 양자 간 차이가 별로 없었다(21). 그러나 이

Table 2. Vitamin content of caprine and bovine milk (24)
(Unit: amount/100 mL)

Vitamin	Caprine milk	Bovine milk
Retinol (µg)	40	35
Vitamin B ₁ (mg)	0.04	0.04
Vitamin B ₂ (mg)	0.15	0.19
Niacin (mg)	0.19	0.08
Folacin (µg)	0.8	5.9
Vitamin B ₁₂ (µg)	Tr ¹⁾	0.3
Vitamin D (µg)	0.06	0.03
Vitamin E (mg)	NA ²⁾	0.85

¹⁾Tr: Trace
²⁾NA: Not available

Table 3. Total amount of oligosaccharides and lactose in mature caprine, bovine, and human milk (2)
(Unit: g/L)

	Caprine milk	Bovine milk	Human milk
Oligosaccharides	0.25-0.30	0.03-0.06	5-8
Lactose	45	46	68

러한 결과들은 품종에 따른 영향 등 실험적으로 고려해야 할 인자들이 많아 향후 추가 연구가 필요하다.

비타민 및 무기질 조성

산양유는 생체 이용률과 흡수율이 우수한 비타민 및 미네랄이 다량 함유되어 있고, 우유보다 높은 영양소 흡수율을 보인다(22). 주요 비타민 성분들은 Table 2에 나타낸 것과 같이 retinol, niacin, 비타민 D는 우유보다 함량이 높지만 folacin, 비타민 B₁₂와 E는 부족하다고 보고되었다(23,24). 한편, 최근 연구결과에 따르면 미네랄에 있어서는 산양유는 칼슘이 1.2 g/L, 인이 1 g/L로 함량이 우유와 비슷하지만 칼슘, 인, 망간의 체내 흡수율이 산양유가 우유보다 더 뛰어나다는 점을 알 수 있다(25). 산양유는 단백질의 농도가 높고, 인산염(phosphate)의 조성이 다르기 때문에 우유나 양유에 비하여 알칼리성을 나타낸다(26).

유당 및 올리고당 성분

산양유는 우유에 비해 5-8배의 올리고당을 함유하고 있으며, 유당은 모유의 약 70% 정도 함유되어 있다. 산양유의 유당 함량은 우유와 유사하지만(Table 3) 체내에서 유당불내증을 거의 야기하지 않기 때문에 산양유가 유아들의 이유식은 물론 노인의 영양공급원으로서 권장된다(10). 유당은 화학적으로 포도당(glucose)과 갈락토오스(galactose)가 중합된 이당류로서, 포도당은 대뇌의 일차 에너지원으로 사용되는 반면 갈락토오스는 뇌 조직, 신경 조직의 구성 성분으로 이용된다. 또한 유당은 장내 산성을 증가시켜 이로운 세균의 증식을 돕고 장에서 칼슘(Ca)의 이동을 증대시키며, 인(P), 마그네슘(Mg)의 흡수를 촉진시킨다. 산양유는 뛰어난 소화력으로 인해 우유보다 더 완전하고 쉽게 흡수되어 유당불내증을 일으키는 소화되지 않은 잔류 유당이 대장의 안쪽에 적게 남는다. 이는 우유보다 훨씬 더 용이하게 소화되어 소화기관에 둘러싸여 발효되는 유당 분자가 적어지기 때문에 유당에 민감한 사람의 경우에 산양유는 유당불내증으로 인한 고통을 줄일 수 있다(27).

이러한 유당은 산업적으로 제조되어 조제분유에 이용되기도 한다. 조제분유의 원료로 사용되는 식용 유당제품은 Fig. 2와 같은

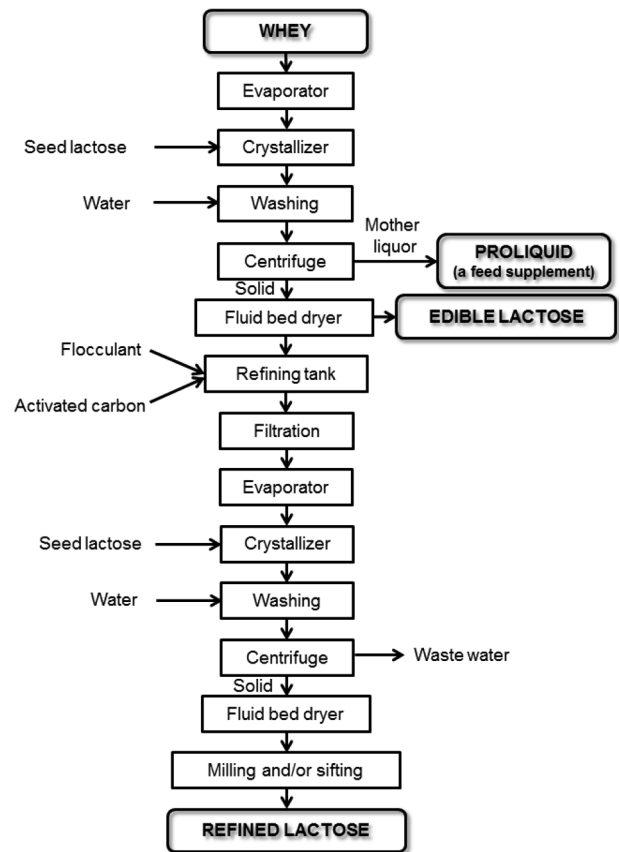


Fig. 2. Lactose purification process from cheese whey (36).

공정을 통해 제조되어 산업적으로 이용된다. 유청(whey)은 비싼 운송비 때문에 고형분이 12-50% 함유된 형태로 예비 농축되어 유당 제조용 원료로 공급된다. 이것으로부터 유당을 결정화시키기 위해서는 추가적 농축과정이 필요하다. 고형분이 65%인 유청 농축액을 냉각해서 유당을 천천히 결정화하여 침전시킨다. 결정화공정을 거쳐 얻은 mother liquor를 원심분리하면 조유당(raw lactose)을 얻을 수 있다. 이렇게 얻은 결정체를 세척, 원심분리한 다음 마지막으로 유동층건조기(fluid bed dryer)에서 건조시키면 식용유당(edible grade lactose)이 된다. 통상적으로 액상의 mother liquor 중에는 상당한 양의 단백질, 무기질, 비타민, 그리고 약 18% 탄수화물(주로 유당 및 올리고당)이 함유되어 있다(Proliquid 제품). 식용유당 분말을 정제용 탱크 중에서 응집시키고, 활성탄소를 처리한 다음 순서대로 탈색, 여과, 농축 공정을 거쳐 재결정화시키면 식품공업에서 사용하는 정제유당이 얻어지게 된다(Fig. 2). 모유에는 약 7%의 유당이 함유되므로 유당이 4.4-5.2% 함유된 우유나 산양유를 이용하여 조제분유(infant formula)를 제조할 때는 종종 유당을 보충하는 작업이 수행된다. 그러므로 유아용 조제분유에 산양유에서 유래된 유당을 사용하는 것은 소량이지만 천연의 올리고당을 강화해 주는 효과를 기대할 수 있다(28,29).

유즙에 존재하는 유당과 관련된 성분으로 최근 주목되는 것은 올리고당류(oligosaccharides)이다. 이들은 생체 내에서 유당을 기본물질로 사용하여 합성되는 대사산물이며 산성 올리고당과 중성 올리고당이 있다. 특히 모유 내의 올리고당류(human milk oligosaccharides, HMO)는 장내 유용 유산균의 생육을 돕는 prebiotic 효과를 가지고 있으며, 이는 유아의 장관 내에서 유익균이

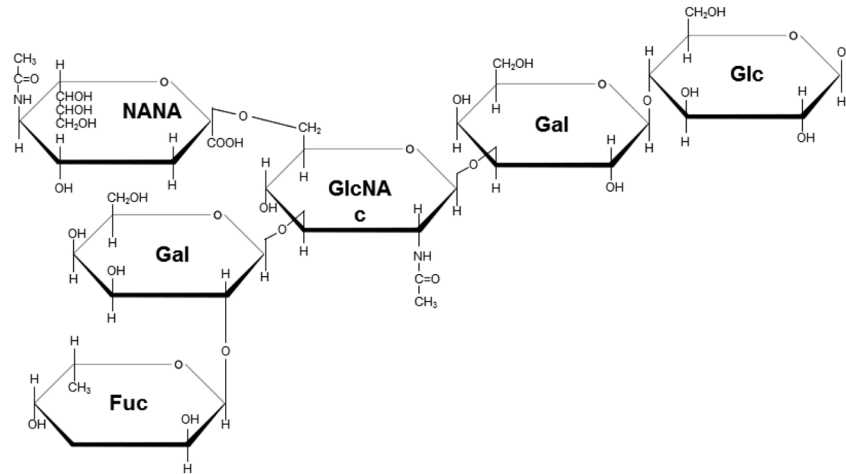


Fig. 3. A typical oligosaccharide, monofucosylmonosialyllacto-*N*-tetraose, found in human milk (30). Glc, Glucose; Fuc, Fucose; Gal, Galactose; GlcNAc, *N*-acetylglucosamine; NANA, *N*-acetylneuraminic acid.

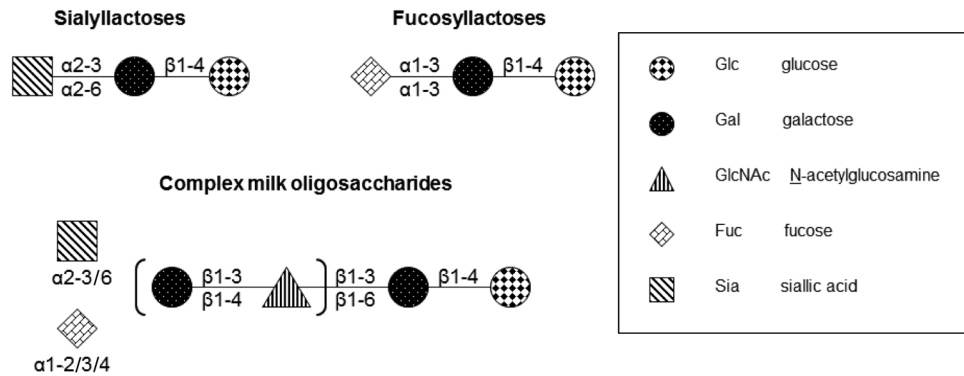


Fig. 4. Structural composition of human milk oligosaccharides (HMOs) (31).

정착하도록 도와주는 역할을 담당한다(2). HMO는 Fig. 3과 같이 D-glucose (Glc), D-galactose (Gal), *N*-acetylglucosamine (GlcNAc), L-fucose (Fuc), sialic acid (Sia, *N*-acetylneuraminic acid, Neu5Ac) 와 같은 5가지 단당류들로 구성되어 있다(30). 이러한 단당류들이 여러 가지의 당 결합을 한 구조형태를 이루고 있으며 결합의 결과에 따라 HMO의 크기, 전하, 구조와 모유 내의 양이 결정된다. HMO의 구조는 다양하고 복잡할 뿐만 아니라, 이들은 다른 성분들과 글리코실 결합을 하고 있기 때문에 약 200가지가 넘는 이성질체들이 존재한다. 알려진 바와 같이 HMO는 짧은 사슬의 삼당류(trisaccharides)와 복잡한 고분자 올리고당들로 구성되어 있다. 대부분의 HMO는 이들의 환원 말단에 유당 잔기를 가진다(31). 유당의 갈락토오스는 $\alpha(2-3)$ 또는 $\alpha(2-6)$ 결합에 시알화기 일어나 3'-sialyllactose와 6'-sialyllactose 같은 짧은 3당류(short-chain trisaccharides)를 형성할 수 있다. 이들 올리고당들은 유아의 소화관 내에서 정장작용에 도움을 주고, 모유 수유하는 영유아에게 유익한 것으로 널리 알려져 있다. Table 4에 나타낸 바와 같이 산양유에는 우유보다 5-8배 이상 높은 함량의 올리고당을 함유하며 성숙한 산양유에서 나타나는 주요 올리고당으로 산성 올리고당은 6-sialyllactose, 3-sialyllactose, disialyllactose, *N*-glycolylneuraminyllactose, 3-galactosyllactose, *N*-acetylglucosaminyllactose 등이 함유되어 있으며, 중성 올리고당의 주요성분은 3-galactosyllactose, lacto-*N*-hexose, *N*-acetylglucosaminyllactose 등이 다(Table 4).

한편 prebiotics란 장내에서 소화가 어려운 난소화성 식품원료로서 결장에서 선택적으로 유익 미생물을 성장과 기능을 활성화시켜 사람이나 동물에게 유익한 역할을 할 수 있도록 하는 물질을 지칭한다. 현재 여러 올리고당들이 prebiotics 효과를 가진다고 알려져 있으며, 유아의 장내균총 형성에 있어서 유익균으로 알려진 대표적인 것은 *Bifidobacterium*속 세균이며 이들에 대하여 prebiotic 효과를 발휘하는 물질 또한 모유 내의 올리고당류이다. Probiotics 균종의 대표라고 할 수 있는 bifidobacteria는 포도당 대사경로를 거쳐 다른 유산균의 발효산물들과는 다르게 유산과 초산만을 대부분 생성한다. 결과적으로 장내 pH를 낮춰줌으로써 유해 미생물의 생육을 억제하는 환경을 조성한다. 실제로 산양유 올리고당류는 미생물 및 미생물 독소의 수용체(receptor)로 작용하면서 prebiotic 효과와 장내 항염증 작용을 나타낸다(2,32). 산양유의 올리고당류는 inflammatory bowel disease (IBD) 환자에게 바람직한 prebiotics로 작용하는데, 특히 장 내에서 병원성세균과 경쟁적으로 증식하면서 병원균의 장점막의 부착을 저해하고, 세포막에서의 박테리아의 전좌를 감소시키며, *Lactobacillus*속과 *Bifidobacterium*속 세균의 증식을 선택적으로 촉진시키는 것으로 보고되었다(33,34).

그 외에 기타 성분으로 산양유에는 lysozyme이나 ribonuclease 등의 효소 단백질이 상당히 높은 수준으로 함유된 반면 lipase나 xanthine oxidase(34)는 우유보다 낮은 농도로 존재하는 것으로 보고되었다(14).

Table 4. Structures and concentration of major oligosaccharides in mature goat's milk (34) (Unit: g/L)

Structure	Concentration
6-Sialyllactose	0.05-0.07
N-glycolylneuraminyllactose	0.04-0.06
3-Sialyl-lactose	0.03-0.05
N-acetylglucosaminyllactose	0.02-0.04
Disialyllactose	0.001-0.005
Lacto-N-hexose	0.001-0.005

요 약

산양유는 단백질 구성과 개별 지방산의 구성이 모유에 가깝기 때문에 우유에 비하여 소화율이 높다. 특히 casein 단백질은 모유의 단백질과 분자구조가 흡사하여 높은 소화 흡수율을 보이므로 설사 또는 복통 등과 같은 소화장애를 일으키지 않는다. 뿐만 아니라 지방산 함량에 있어서도 우유보다 중간사슬지방산이 우유보다 2배정도 많이 들어있어 소화 흡수 시 분해되는 속도가 빠르다. 산양유에는 질 좋은 수용성 유청단백질, 비타민 및 미네랄이 다량 함유되어 있고, 특히 비타민 A, 콜린, 이노시톨의 함량이 높고 흡수율도 양호한 편이다.

산양유에 포함된 유당과 올리고당은 우유보다 모유에 더 가까운 효과를 기대할 수 있다. 유당은 장 내 산성을 증가시켜 유익한 박테리아의 증식을 돕는 한편 장내에서의 칼슘의 흡수를 도와주거나 인(P)과 마그네슘(Mg)의 흡수를 촉진시키는 역할을 담당한다. 또한 올리고당류는 장내유산균의 생육을 돕는 prebiotic 효과를 발휘하여 장내 유익균이 정착하는데 도움을 준다는 실험 결과로 판단할 때 실제로 유아에게 정장작용을 기대할 수 있다. 그리고 산양유에 다량 함유된 미네랄 성분 또한 소화 및 흡수를 촉진시키는 역할을 하기 때문에 산양유는 우유 섭취 시 유당불내증을 호소하던 소비자들도 어렵지 않게 섭취할 수 있다.

이처럼 산양유가 여러 가지 측면에서 우유보다 우수한 식품학적 생리적 특성을 가지고 있음에도 불구하고 국내 산양유가공 산업은 거의 불모지라 해도 과언이 아니다. 게다가 산양유의 정확한 영양학적 가치가 일반 소비자들에게 전달되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 우유보다 그 성분과 조성이 모유와 흡사한 산양유의 식품학적 특성, 안전성 및 기능성에 대한 체계적이며 과학적 연구가 시급히 활성화되어야 할 것이다.

References

- Jensen RG, Ferris AM, Lammikeefe CJ, Henderson RA. Human milk as a carrier of messages to the nursing infant. *Nutr. Today* 23: 20-25 (1988)
- Martinez-Ferez A, Rudloff S, Guadix A, Henkel CA, Pohlentz G, Bozaa JJ, Guadixa EM, Kunz C. Goat's milk is a natural source of lactose-derived oligosaccharides: isolation by membrane technology. *Int. Dairy. J.* 16: 173-181 (2006)
- Hilton S. The wonder of breast milk. *The Practising Midwife* 16: 37-40 (2013)
- Wiggins GR, Van Dijk JW, Misztal I. Genetic evaluation of dairy goats for milk and fat yield with an animal model. *J. Dairy Sci.* 71: 1330-1337 (1988)
- Leach K. Trends in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 63: 1600-1604 (1980)
- Auldlist MJ, Johnston KA, White NJ, Fitzsimons WP, Boland MJ. A comparison of the composition, coagulation characteristics and cheesemaking capacity of milk from Friesian and Jersey dairy

- cows. *J. Dairy Res.* 71: 51-57 (2004)
- Ahn J, Park WY. Comparative monthly analysis of goat milk components by individual farms. *Korean. J. Organic. Agri.* 16: 321-330 (2008)
- Ham JS, Jeong SG, Shin JH, Han GS, Chae HS, Yoo YM, Ahn JN, Hur TY, Ko SH, Park KW, Choi SH, Lee WK. Comparison of antimicrobial residue detection in goat milk by the Delvo, Eclipse 100, and Parallax tests. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 28: 59-62 (2008)
- Jenness R. Composition and characteristics of goat milk: Review (1968-1979). *J. Dairy Sci.* 63: 1605-1630 (1980)
- Jandal JM. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res.* 22: 177-185 (1996)
- Hinz K, O'Connor PM, Huppertz T, Ross RP, Kelly AL. Comparison of the principal proteins in bovine, caprine, buffalo, equine and camel milk. *J. Dairy Res.* 79: 185-191 (2012)
- Haenlein G. Goat milk versus cow milk. pp. E1-4. In: *Extention Goat Handbook*. Haenlein GFW, Ace DL (eds). USA Publishers, Washington, DC, USA (1984)
- Kaminarides SE, Anifantakis EM. Comparative study of the separation of casein from bovine, ovine and caprine milks using HPLC. *J. Dairy Res.* 60: 495-504 (1993)
- Colin P. Characteristics and benefits of goat milk as a base for infant formula. In: *Annual Meeting of Korean Society of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. April 1, Asan Medical Center, Seoul, Korea. Korean Society of Pediatric Gastroenterology and Nutrition, Seoul, Korea (2004)
- Tomotake H, Okuyama R, Katagiri M, Fuzita M, Yamako M, Ota F. Comparison between Holstein cow's milk and Japanese-Saenen goat's milk in fatty acid composition, lipid digestibility and protein profile. *Biosci. Biotech. Bioch.* 70: 2771-2774 (2006)
- Jenness R. Comparative aspects of milk proteins. *J. Dairy Res.* 46: 197-210 (1979)
- Urbien S, Ciuckinas A, Margelyke J. Physical and chemical properties and the biological value of goat's, cow's and human milk. *Milchwissenschaft* 52: 427-430 (1997)
- Richardson BC, Creamer LK. Comparative micelle structure: IV. The similarity between caprine α S-casein and bovine α S3-casein. *Biochim. Biophys. Acta.* 393: 37-47 (1975)
- Restani P, Giaschi A, Plebani A, Beretta B, Cavagni G, Fiocchi A, Poiesi T, Velona T, Ugazio AG, Galli CL. Cross-reactivity between milk proteins from different animal species. *Clin. Exp. Allergy* 29: 997-1004 (1999)
- Strzałkowska N, Jwik A, Bagnicka E, Krzyewski J, Horbaczuk K, Pyzel B, Horbaczuk JO. Chemical composition, physical traits and fatty acid profile of goat milk as related to the stage of lactation. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 27: 311-320 (2009)
- Ra SY, Jeon YC. Tables of food functional composition cholesterol edition. Available from: http://koreanfood.rda.go.kr/fct/FctPdfDwn_View.aspx?qPage=1&qSearch=&qBoardID=TFBoard1&qMode=0&qidx=43. Accessed Nov. 29, 2012.
- International Dairy Federation. The manufacture and characteristics of ewe and goat milk. *B. Int. Dairy Fed.* 202: 222 (1986)
- Parkash S, Jenness R. The composition and characteristics of goat milk: Review. *J. Dairy. Sci. Abstr.* 30: 67-72 (1968)
- Paul AA, Southgate DAT. McCance and Widdowson's *The Composition of Foods*. 4th ed. HMSO, London, UK. pp. 71-73 (1978)
- Rutherford SM, Darragh AJ, Hendriks WH, Prosser CG, Lowry D. Mineral retention in three-week-old piglets fed goat and cow milk infant formulas. *J. Dairy Sci.* 89: 4520-4526 (2006)
- Saini A, Gill RS. Goat milk: An attractive alternate. *Indian Dairymen* 43: 562-564 (1991)
- Dynamic Chiropractic. Goat's milk: A natural alternative for milk sensitive patients. Available from: http://www.dynamicchiropractic.com/mpacms/dc/article.php?id=38646&no_pagenate=true&p_friendly=true&no_b=true. Accessed Dec. 1, 1997.
- Watson RR, Preedy VR. *Bioactive Foods in Promoting Health, Part II. Probiotics in Health Promotion*. Academic Press, London, UK. pp. 120-154 (2010)
- Sanders ME, Marco ML. Food formats for effective delivery of probiotics. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 1: 65-85 (2010)
- German JB, Freeman SL, Lebrilla CB, Mills DA. Human milk

- oligosaccharides: evolution, structures and bioselectivity as substrates for intestinal bacteria. *Nestle Nutr. Works. Se.* 62: 205-222 (2008)
31. Bode L. Human milk oligosaccharides: prebiotics and beyond. *Nutr. Rev.* 67: 183-191 (2009)
 32. Cherbut C, Michel C, Lecannu G. The prebiotic characteristics of fructooligosaccharides are necessary for reduction of TNBS-induced colitis in rats. *J. Nutr.* 133: 21-27 (2003)
 33. Daddaoua A, Puerta V, Requena P, Martnez-Frez A, Guadix E, de Medina FS, Zarzuelo A, Surez MD, Boza JJ, Martnez-Augustin O. Goat milk oligosaccharides are anti-inflammatory in rats with hapten-induced colitis. *J. Nutr.* 136: 672-676 (2006)
 34. Brown ML, Zikakis JP. Isolation and purification of xanthine oxidase from goat milk. In: 17th Annual Meeting of American Chemical Society Biological Division. August 31, McCormick Place, Chicago, IL, USA. Abstracts: Am. Chem. Soc. Washington, DC, USA (1977)
 35. Bernard L, Rouel J, Ferlay A, Faulconnier Y, Legrand P, Chilliard Y. Mammary lipid metabolism and milk fatty acid secretion in Alpine goats fed vegetable lipids. *J. Dairy Sci.* 88: 1478-1489 (2005)
 36. Stephen K. The manufacture of lactose. Available from: <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/dairy/3F.pdf>. Accessed Aug. 26, 2013.