



포유류의 종에 따른 초유 단백질의 변화에 대한 분석

김승희 · 김완섭*

한경대학교 동물생명환경과학과

Analysis of Changes in Colostrum Proteins by Mammalian Species

Seung Hee Kim and Woan-Sub Kim*

Dept. of Animal Life and Environmental Science, Hankyong National University, Anseong, Korea

Abstract

There have been numerous reports indicating that milk proteins influence immune functions. Colostrum refers to the breast milk of mammals, secreted starting from the fourth or fifth day after delivery. It has abundant nutrition for the survival of newborn infants. Most importantly, it contains bioactive substances with growth-stimulating and antibiotic functions. Thus, the colostrum has various physiological roles. This study measured the differences in the composition of colostrum derived from dairy cattle, hanwoo, porcine, and goat sources. The results showed that immunoglobulin, lactoferrin, lactoperoxidase, serum albumin, IgG heavy chain, and IgG light chain were significantly higher in the colostrum of dairy cattle, hanwoo, and goats, but low in porcine colostrum. There was no significant difference in α_{S2} -casein, α_{S1} -casein, β -casein, κ -casein, β -lactoglobulin, and α -lactalbumin contents until seven days after birth. However, porcine colostrum showed high contents of all proteins from the first day to the second day after delivery.

Keywords

colostrum, dairy cattle, goat, porcine, hanwoo

서론

우유 및 유제품의 영양 기여는 특히 급속한 성장기에 좋은 신체 기능을 유지하는 데 중요한 요소이다 (Michaelidou and Steijns, 2006; Michaelidou, 2008). 유중에는 카세인(casein), 유청 단백질(α -lactalbumin, β -lactoglobulin, immunoglobulin, lactoferrin, TGF- β 등), 중성지방, 인지질, 당지질, 유당, 비타민 및 무기질 등의 주성분이 있다. 이러한 성분들은 동물의 건강에 중요한 기능을 제공하고 있다. 특히 초유는 분만 후 첫 번째 유방으로부터 분비되며, 신생아의 성장 및 신체 조직의 발달에 영양 공급원으로서 뿐만 아니라 생물학적 기능을 조절하는 것으로 되어 있다(Hartmann *et al.*, 1989). 초유는 신생아를 위한 첫 자연식품으로 무엇보다도 중요한 것은 성장촉진과 항균기능을 가진 생리활성 물질을 포함하고 있다는 것이다(Larson *et al.*, 1997). 성장물질은 신생아의 성장과 발달을 촉진시키고, 항균물질은 유해한 미생물의 감염에 대해 방어를 하는 역할을 한다. 감염방어 기능은 유단백질이 가지고 있는 커다란 입자 중 하나로 있다. 특히 면역 항체(IgG, IgA 등)는 초유 중에 다량으로 함유되어 있어, 어린 새끼의 발육과 건강에 좋은 역할을 하고 있다(Larson, 1992). 유 중의 면역에 관련된 성

Received: May 29, 2017
Revised: June 20, 2017
Accepted: June 25, 2017

*Corresponding author :
Woan-Sub Kim, Dept. of Animal
Life and Environmental Science,
Hankyong National University,
Anseong, Korea,
Tel : +82-31-670-5122,
E-mail : kimws@hknu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

분들은 병원성 미생물의 세포막에 손상을 가하거나 증식에 필요한 영양소의 이용을 저해하거나, 병원성미생물이 표적세포에 결합하여 침입하는 것을 저해하는 것에 의해 어린 새끼의 발병을 억제한다(Otani, 1998). Otani(1998)는 유 중의 감염방어 활성을 가지는 성분으로 항체(IgG, sIgA, IgM), 락토페린(lactoferrin), 라이소자임(lysozyme), 비타민 B₁₂ 결합 단백질, 고분자량의 뮤신(mucin) 같은 단백질, 시스타틴(cystatin), 락토포옥시데이스(lactoperoxidase), 보체성분, 지방산 및 올리고당 등이라고 보고하였다. 초유는 유제품의 성분과 기능성 유제품과는 별개로, 자연적인 제품이라는 장점을 지닌 새로운 식이 요법인 것으로 보이며, 초유를 이용한 영양요법은 더욱 증가할 것으로 기대된다(Regester and Belford, 1999; Playford *et al.*, 2000). 특히 초유는 스트레스, 질병에 대한 예방, 그리고 면역강화에 필요한 유아와 고령자에 대한 훌륭한 영양보충제로 이용될 수 있다. 따라서 Korhonen(1998)은 미래에 특정 소비자 집단을 대상으로 면역초유와 우유제제가 건강 증진 식단의 일부로서 그리고 치료요법의 대안이나 보충으로 중요한 역할을 할 수 있다고 하였다.

우리는 이전 젖소로부터 산차에 의한 초유 중 면역관련 단백질의 변화에 대한 연구를 보고하였다(Hyon and Kim, 2016). 즉, 젖소 초산우, 2산, 3산, 4산, 5산, 6산, 7산, 그리고 8산을 대상으로 분만 직후부터 5일간 전기영동을 통하여 면역관련 단백질을 조사하였다. 결과로서 산차에 의한 젖소 초유 중 면역단백질은 초일 단백질이 많이 함유되어 있다가 시간이 경과할수록 감소하였다. 그리고 산차에 의한 단백질 함량의 변화는 나타나지 않았다.

본 연구는 젖소, 산양, 돼지 및 한우의 분만 후 초일부터 7일까지 초유 중 단백질의 변화를 비교분석하였다.

재료 및 방법

1. 재료

젖소, 한우, 돼지 및 산양의 초유는 안성 소재 인근 목장에서 분만 직후부터 7일까지 매일 공급받아 -20°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 시약

30% acrylamide, coomassie brilliant blue(CBB), 그리고 Urea는 R-250은 TNT research. Co., Ltd.(Jeonju, Korea) 것을 사용하였다. Ammonium persulfate(APS), glycine, sodium chloride, sodium dodecyl sulfate(SDS), tetramethylethylenediamine(TEMED), 그리고 tris는 Amresco(Ohio, USA) 것을 사용하였다. Bromophenol blue(BPB)과 2-mercaptoethanol은 Sigma

(MO, USA) 것이며, glycerol, acetic acid, 그리고 methanol은 Daejung chemicals & metals Co., Ltd.(Korea) 것을 사용하였다. Triton X-100은 Yakuri pure chemicals Co., Ltd.(Japan)를 사용하였다.

3. 전기영동(SDS-PAGE)

한우, 젖소, 산양, 그리고 돼지 초유의 분만 후 1일부터 7일까지의 단백질 변화를 살펴보기 위해 SDS-PAGE를 시행하였다. 각 축종에 의해 준비된 분만 후 1일에서 7일까지의 초유를 멸균된 Milli Q water로 1/10 희석하였다. 희석한 샘플들은 1×Sample buffer와 1:1의 비율로 혼합하였다. 혼합된 샘플들은 100°C에서 5분간 열처리한 후, gel에 주입하였다. SDS-PAGE 있어서 gel은 10% polyacrylamide gels로 하였으며, Laemmli(1970)의 방법에 따라 수행하였다. 준비된 샘플은 각 well당 20 μL를 각 겔(gel)에 주입하였다. 한편, 전기영동의 표준 maker는 low marker(CA, Bio-Rad)를 사용하였다. 영동이 끝난 gel은 coomassie brilliant blue (CBB) R-250으로 염색하였다. 염색된 gel의 탈색은 탈색액(methanol, acetic acid, 그리고 멸균증류수혼합)을 이용하였다.

4. Silver staining

은염색은 Plusone silver staining kit(GE healthcare, Sweden)의 protocol에 따라서 수행하였다. 전기영동 후, gel은 Fixing solution에 30분 동안 고정시켰다. Fixing solution을 제거한 후, Sensitizing solution을 첨가하여 30분간 반응시켰다. 멸균증류수를 이용하여 gel을 5분씩 3회 세정한 후, silver solution을 넣고 20분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후, silver solution을 제거하였고, 멸균 증류수로 1분씩 2회 세정하였다. Gel에 developing solution을 넣고 5분간 밴드가 확연히 나타날 때까지 반응시켰다. 반응을 정지시키기 위하여 stopping solution을 넣고 10분간 반응을 정지시켰다. 그리고 난 후, gel은 증류수를 이용하여 5분씩 3회 세정하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서는 젖소, 한우, 돼지, 산양의 분만 후, 초일부터 7일까지 초유 중의 단백질에 대한 변화를 일별로 조사하였다. Fig. 1(A)와 Fig. 2(A)는 젖소의 분만 후, 초일부터 7일간 초유 중의 단백질 변화를 각각 CBB염색(Fig. 1)과 은염색(Fig. 2)으로 나타낸 결과이다. 젖소의 분만 후, 면역관련 단백질들은 초일 단백질의 함량이 현저히 많이 함유되어 있다가 2일부터 급격히 감소되었고, 이후 서서히 감소하였다(Fig. 1-A). 이러한 결과는 이전 Hyon과

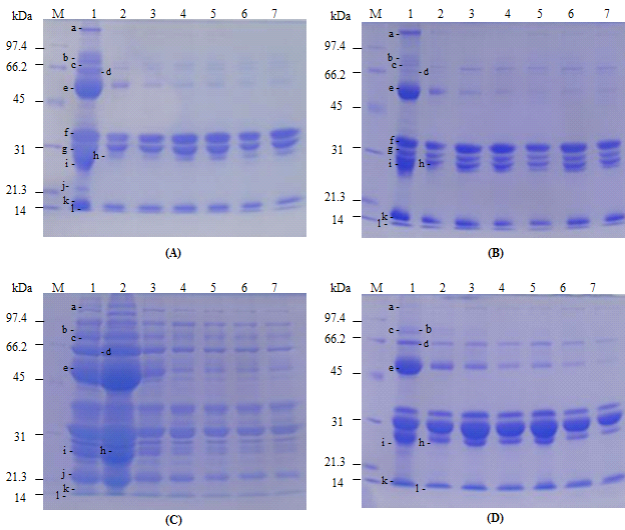


Fig. 1. Acrylamide gel electrophoretic patterns of colostrum in mammalian species during 7 days after parturition by CBB staining. M, standards molecular weight(low marker); lane 1, 1 day; lane 2, 2 day; lane 3, 3 day; lane 4, 4 day; lane 5, 5 day; lane 6, 6 day; lane 7, 7 day. (A), dairy cattle; (B), hanwoo; (C), pocine; (D), goat.

Kim(2016)이 보여준 젖소 초유의 산차별 일일 면역관련 단백질은 분만 후 초일 많은 함량을 나타냈다가 시간이 지날수록 점차 감소한다는 결과와 일치하였다. 즉, Fig. 1(A)의 면역글로불린(a-부분), 락토페린(b-부분), 락토퍼옥시데이스(c-부분), 혈청알부민(d-부분), IgG heavy chain(e-부분), 그리고 IgG light chain(j-부분)은 분만 후 초일 함량이 현저히 높았고, 2일째부터 급격히 감소하는 것을 보여주었다. 그리고 Fig. 1(A)의 α_{S2} -카세인(f-부분: 35 kDa), α_{S1} -카세인(g-부분: 30 kDa), 그리고 β -카세인(h-부분: 27 kDa)은 초일 약간 함량이 높았으나, 2일에서부터 약간 감소하여 7일까지 함량의 변화는 나타내지 않았다. κ -카세인(i-부분: 24 kDa)은 CBB 염색(Fig. 1(A))에서는 밴드가 잘 나타나지 않았으나, 은염색(Fig. 2(A))에서 보느냐와 같이 초일 함량이 조금 높다가 2일부터 약간 감소되어 7일까지 유지되는 것이 확인되었다. 그 외 β -락토글로불린(Fig. 1(A), k-부분: 19 kDa)과 α -락트알부민(Fig. 1(A), l-부분: 14.2 kDa)은 분만 직후부터 7일까지 현저한 함량의 차이는 나타나지 않았다.

Fig. 1(B)와 Fig. 2(B)는 한우의 분만 후, 초일부터 7일까지의 초유 중 단백질의 변화를 각각 CBB 염색(Fig. 1(B))과 은염색(Fig. 2(B))으로 나타낸 결과이다. Fig. 1(B)의 면역글로불린(a-부분: 160 kDa)은 분만 후 현저한 함유량을 나타내었다. 그러나 2일 부터는 함량이 급격하게 감소되었고, 이후 7일까지 감소되었다. 락토페린(Fig. 1(B), b-부분: 약 80 kDa)은 분만 직후 다른 날보다 현저히

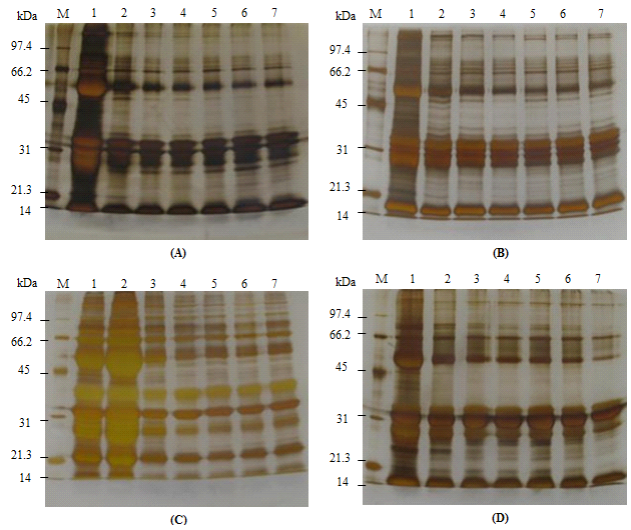


Fig. 2. Acrylamide gel electrophoretic patterns of colostrum in mammalian species during 7 days after parturition by silver staining. M, standards molecular weight(low marker); lane 1, 1 day; lane 2, 2 day; lane 3, 3 day; lane 4, 4 day; lane 5, 5 day; lane 6, 6 day; lane 7, 7 day. (A), dairy cattle; (B), hanwoo; (C), pocine; (D), goat.

높은 함량을 나타냈으나, 면역글로불린과 함께 2일 부터는 함량이 현저히 감소하였다. 그리고 감소된 함량은 7일까지 유지되었다(Fig. 1(B)). 락토퍼옥시데이스(Fig. 1(B), c-부분: 약 70 kDa)는 다른 단백질에 비하여 매우 적은 양이 함유되어 있지만, 분만 직후인 초일에 함량이 많다가 2일부터 적어지는 것을 보여주었다. 혈청알부민(Fig. 1(B), d-부분: 66.4 kDa)은 분만 직후, 초일 함량이 젖소의 혈청알부민(Fig. 1(A))과 같이 많은 함량을 나타내지 않았고, 또한 7일까지 함량의 변화도 나타나지 않았다. IgG heavy chain(Fig. 1(B), e-부분: 55 kDa)은 분만 직후, 초일 함량이 현저히 높았으며, 2일 급격히 감소하였다. 그 후 7일까지 IgG heavy chain의 함량은 서서히 감소하였다(Fig. 1(B)). 그러나 IgG light chain(Fig. 1(B), j-부분)은 CBB염색에서는 밴드가 확인되지 않았으나, 은염색에서는 밴드가 확인되었다(Fig. 2(B)). 은염색에서 발견된 IgG light chain는 초일 함량이 높게 나타내었고, 2일에는 약간 감소되어 그 이후 점점 감소되는 것을 보여주었다. Fig. 1(B)에서 α_{S2} -카세인(f-부분: 35 kDa), α_{S1} -카세인(g-부분: 30 kDa), β -카세인(h-부분: 27 kDa), 그리고 κ -카세인(i-부분: 24 kDa)은 함량의 변화는 나타내지 않았다. 한편, β -락토글로불린(Fig. 1(B), k-부분: 19 kDa)과 α -락트알부민(Fig. 1(B), l-부분: 14.2 kDa)은 젖소의 초유와 같이 분만 직후부터 7일까지 현저한 함량의 차이는 나타나지 않았다. 현재 한우의 젖에 대한 연구는 활발히 이루어지지 않아 다른 품종의 젖과 같이 연구 결과가 많은 편은 아니다. 그

러한 이유로는 한우는 전통적으로 일소로서의 역할과 식육으로서의 이용이 많았기 때문이다. 따라서 한우 젖에 대한 연구는 건강한 송아지의 육성뿐만 아니라, 신선한 식육의 개발에 중요하다고 판단된다.

Fig. 1(C)와 Fig. 2(C)는 돼지의 분만 후, 초일부터 7일까지의 초유 중 단백질의 변화를 각각 CBB 염색(Fig. 1-C)과 은염색(Fig. 2(C))으로 나타낸 결과이다. 돼지의 분만 후, 초일 단백질의 함량이 현저히 많이 함유되어 있으나, 특이하게도 다른 축종과는 달리 2일에 그 함량이 최대를 보여주었다(Fig. 1(C)). 그리고 3일부터는 단백질 함량이 급격히 감소되었고, 7일까지 점차 감소되었다(Fig. 1(C)). 면역글로불린(Fig. 1(C), a-부분: 160 kDa)은 분만 후 초일과 2일 현저히 높은 함량을 나타내었다. 그러나 3일부터 7일까지 면역글로불린 함량은 점차 감소하였다. Fig. 1(C)에서 락토페린(b-부분: 약 80 kDa)은 분만 후, 초일과 2일째 현저히 높은 함량을 나타냈으나, 면역글로불린의 결과와 같이 3일부터는 함량이 현저히 감소하였다. 락토퍼옥시데이스(Fig. 1(C), c-부분: 약 70 kDa)는 분만 직후인 초일과 2일에 함량이 높다가 3일부터 감소하는 것을 보여주었다. 혈청알부민(Fig. 1(C), d-부분: 66.4 kDa)은 분만 직후, 초일과 2일에 높은 함량을 나타내었으며, 3일부터 7일까지 서서히 감소되었다. IgG heavy chain(Fig. 1(C), e-부분: 55 kDa) 역시 분만 직후 초일과 2일에 함량이 현저히 높았으며, 3일부터 급격히 감소하였다. IgG light chain(Fig. 1(C), j-부분)은 초일과 2일에 함량이 높게 나타내었고, 3일에는 약간 감소되어 그 이후 점점 감소되는 것을 보여주었다. Fig. 1(C)의 α_{S2} -카세인(f-부분: 35 kDa), α_{S1} -카세인(g-부분: 30 kDa), β -카세인(h-부분: 27 kDa), 그리고 κ -카세인(i-부분: 24 kDa)은 분만 직후, 초일과 2일에 함량이 약간 높았으며, 3일에 감소되어 7일까지 유지되었다. 한편, β -락토글로불린(Fig. 1(C), k-부분: 19 kDa)과 α -락트알부민(Fig. 1(C), l-부분: 14.2 kDa)은 젖소의 초유와 같이 분만 직후부터 7일까지 현저한 함량의 차이는 나타나지 않았다.

돼지 초유는 갓 태어난 새끼돼지에 있어서 면역방어 준비, 소화를 돕기 위한 효소생산, 신진대사가 이루어질 때까지 초기 위장관 발달을 조절하는 성장인자로 있다(Hartmann *et al.*, 1989; Purup *et al.*, 2007). 돼지 초유는 갓 태어난 돼지의 영양 공급원으로서 돼지의 골격, 심장근육, 뇌 및 공장에서 단백질 합성을 보다 더 강화한다(Friorotto *et al.*, 2000). 뿐만 아니라 초유는 생물학적 기능을 나타내는데, 이들 기능은 항균제와 항염증제뿐만 아니라, 면역글로불린을 통한 면역학적 방어를 포함한다(Stelwagen *et al.*, 2009). 돼지는 다른 발굽 동물과 같이 태반을 통한 모체의 면역글로불린을 수송하는데 매우 제한적으로 있다. 따라서 신생아는 초유에 함유된 면역글로불린을 통해서 얻어진 수동면역에 의존한다

(Tuo *et al.*, 1996; Sangild 2003). 초유의 소비는 수유하는 첫 몇 시간 동안은 새끼돼지의 약 5~7%가 된다고 하였다(Fraser and Rushen, 1992). 그리고 초유의 수유 회수는 출생 후 처음의 24시간 동안 점점 더 증가한다. Leece(1973)는 신생돼지에 있어 면역글로불린을 통한 수동면역은 수유 24~36시간 후 중단된다고 하였다. 따라서 분만 후 초일과 2일의 초유는 신생돼지의 성장과 면역을 위하여 매우 중요하다.

Fig. 1(D)와 Fig. 2(D)는 산양의 분만 후, 초일부터 7일까지의 초유 중 단백질의 변화를 각각 CBB 염색(Fig. 1(D))과 은염색(Fig. 2(D))으로 나타낸 결과이다. 산양 초유에서의 면역글로불린(Fig. 1(D), a-부분: 160 kDa)은 다른 품종(젖소, 한우, 그리고 돼지)의 초유에서 보여준 분만 초일과 같이 현저히 높은 함유량을 나타내지 않았으며, 7일까지 함량의 변화는 나타나지 않았다. 락토페린(Fig. 1(D), b-부분: 약 80 kDa)은 분만 직후, 초일 높은 함량을 나타냈으나, 2일 부터는 현저히 감소하였다. 락토퍼옥시데이스(Fig. 1(D), c-부분: 약 70 kDa)는 락토페린과 같이 분만 직후 초일 함량이 높다가 2일부터 현저히 낮아지는 것을 보여주었다. 혈청알부민(Fig. 1(D), d-부분: 66.4 kDa)은 분만 직후 약간 높은 함량을 나타내었고, 이 후 감소되어 2일부터 7일까지 일정한 함량을 나타내었다. IgG heavy chain(Fig. 1(D), e-부분: 55 kDa)은 분만 직후, 초일 함량이 현저히 높았으나, 2일부터 급격히 감소하였다. 그 후 7일까지 IgG heavy chain의 함량은 서서히 감소하였다(Fig. 1(D)). 그러나 한우에서와 같이 IgG light chain(Fig. 1(D), j-부분)은 CBB 염색에서는 밴드가 확인되지 않았으나, 은염색에서는 밴드가 확인되었다(Fig. 2(D)). 은염색에서 발견된 IgG light chain는 초일 함량이 높게 나타내었고, 2일에는 약간 감소되어 그 이후 점점 감소되는 것을 보여주었다(Fig. 2(D)). Fig. 1(D)의 α_{S2} -카세인(f-부분: 35 kDa), α_{S1} -카세인(g-부분: 30 kDa), β -카세인(h-부분: 27 kDa)은 함량의 변화는 나타나지 않았다. 한편, β -락토글로불린(Fig. 1(D), k-부분: 19 kDa)과 α -락트알부민(Fig. 1(D), l-부분: 14.2 kDa)은 젖소의 초유와 같이 분만 후, 초일부터 7일까지 현저한 함량의 차이는 나타나지 않았다.

산양 초유는 정상유에 비하여 단백질, 지방 그리고 체세포수가 많더라도 초유의 주요 중요성은 락토페린과 라이소자임과 같은 생리활성물질의 높은 농도와 면역글로불린의 높은 함량에 있다(Levieux *et al.*, 2002; Hiss *et al.*, 2008). 산양유는 아시아, 아프리카, 유럽 등의 세계 여러 나라에서 중요한 영양식품으로 있다. 산양유의 조제분유 이용은 모유와 우유를 대체할 가능성이 높으며, 또한 산양유는 우유에 알레르기를 가지는 유아에 특히 적합하다(Selvaggi *et al.*, 2014).

우유에는 4종의 면역글로불린이 검출되어 있지만, 주요한 면역글



로블린은 IgG, IgA 및 IgM으로 있다. Ig는 초유 중에는 전단백의 70~80%를 차지하지만 2~3일 이내에 급격히 감소하고, 정상유에서는 1~2%를 정도를 유지한다. Ig의 사람에게 투여한 연구결과에서는 병원균에 의한 장염에 대해서 완화하는 연구 보고가 있다 (Lodinova-Zadnikova *et al.*, 1987, Stephan *et al.*, 1990). β -락토글로블린은 우유의 유청 단백질의 약 50%를 차지하고, 분자량 18,300 Da의 구상 단백질로 있으며 모유에는 발견되지 않는다. Kushibiki 등(2001)은 어린 송아지에 β -락토글로블린을 강화시킨 우유를 투여한 결과, 혈액 중의 레티놀(retinol) 농도 및 트리글리세라이드(triglyceride)의 농도가 높게 나타났다고 하였다. 이는 β -락토글로블린이 장관 내에서 장용성 물질을 수송하는 기능을 가질 가능성을 시사하였다. α -락트알부민은 유청 단백질의 약 20~25%를 차지하고 분자량은 14,100 Da의 구상단백질로 있다. 분자 중에는 8개의 SH기를 가지며, 전체 S-S결합을 형성하고 있어 구조의 안정성이 높다. α -락트알부민의 기능으로서는 유당합성에 관여하는 단백질로 알려져 있다. 그 이외의 기능으로는 주의력과 집중력을 개선하여 숙면개선효과(Matsumoto *et al.*, 2005), 위점막 장해에 대한 보호효과(Matsumoto *et al.*, 2001; Ushida *et al.*, 2003), 세포자연사 유도촉진(Xu *et al.*, 2005a, b), 변식촉진작용(Otani and Fukutani, 1994), 림피구에 대한 증식억제(Otani and Mizumoto, 1998) 등이 있다. 혈청알부민은 유청 단백질의 약 5~10%를 차지하고 있으며, 분자량은 66,263 Da으로 글루타싸이온(glutathione) 합성에 필수인 시스테인(cysteine)을 풍부하게 함유하고 있다. 혈청알부민의 기능으로는 항암작용이 보고되어 있다(Bosselaers *et al.*, 1994). 락토페린은 분자량 약 80,000 Da의 당단백질로 있으며, 2개의 철이온과 결합하는 것이 가능하다. 기능으로는 항균작용, 항바이러스작용, 항산화작용, 면역조절작용, 항암 작용등이 알려져 있다(Shimazaki, 2000). 락토퍼옥시데이스는 유청 단백질에 약 0.25~0.5% 함유하고 있고, 분자량 약 82,000 Da으로 철을 함유하는 당단백질로 있다. 락토퍼옥시데이스는 과산화수소와 치오시아네이드(SCN-)로부터 히포치아산이온(OSCN-)을 생성한다. OSCN-은 그람음성균의 막을 파괴하여 항균작용을 나타내는 것으로 알려져 있으며(Reiter, 1985), 그람양성균에 대해서는 OSCN-를 SCN-으로 변환하는 작용을 가지고 있기 때문에 일시적으로는 정균작용을 나타낸다고 알려져 있다(Carlsson *et al.*, 1983). 모유 중에 함유되어 있는 라이소자임의 농도는 30~3,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 정도로 높고, 우유에는 1/3,000 정도로 함유되어 있다. 라이소자임은 세균의 세포벽단백질의 N-아세틸글루코사민과 N-아세틸글루코사민 사이의 β -1,4 결합을 가수분해하고, 세포벽에 손상을 주는 것에 의해 그람양성균을 살균한다. 그람음성균은 세포막이 외막으로 덮여 있기 때문에 라이소자임 단독으로는 항균활성

을 나타내지 않지만 락토페린과의 상승효과에 의해 살균효과를 나타낸다. 이처럼 유 속에는 면역관련 요소뿐만 아니라, 생장에 필요한 인자들이 많이 함유되어 있다. 특히 초유에는 정상유보다 면역관련 물질과 생리활성 물질이 많이 함유되어 있기 때문에 갓 태어난 어린 새끼에게 반드시 급여가 필요하다.

요 약

젖소, 한우, 돼지, 그리고 산양의 초유 중 단백질의 변화를 초일부터 7일까지 조사하였다. 돼지의 초유를 제외한 젖소, 한우, 그리고 산양의 초유에서 면역글로블린, 락토페린, 락토퍼옥시데이스, 혈청알부민, IgG heavy chain, 그리고 IgG light chain은 분만 후, 초일 함량이 현저히 높았고, 2일째부터 급격히 감소하는 것을 보여주었다. 그리고 α_{S2} -카세인, α_{S1} -카세인, β -카세인, κ -카세인, β -락토글로블린 및 α -락트알부민은 분만 직후부터 7일까지 현저한 함량의 차이는 나타나지 않았다. 한편, 돼지 초유의 경우는 모든 단백질이 분만 후, 초일부터 2일까지 높은 함량을 나타내었다.

References

1. Bosselaers, I. E., Caessens, P. W., Van-Boekel, M. A. and Alink, G. M. 1994. Differential effects of milk proteins, BSA and soy protein on 4NQO- or MNNG-induced SCEs in V79 cells. *Food Chem. Toxic.* 32: 905-909.
2. Carlsson, J., Iwami, Y. and Yamada, T. 1983. Hydrogen peroxide excretion by oral *Streptococci* and effect of lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide. *Infect. Immun.* 40:70-80.
3. Fiorotto, M. L., Davis, T. A., Reeds, P. J. and Burrin, D. G. 2000. Nonnutritive factor in colostrum enhance myofibrillar protein synthesis in the newborn pig. *Pediatr. Res.* 48:511-517.
4. Fraser, D. and Rushen, J. 1992. Colostrum intake by newborn piglets. *Can. J. Anim. Sci.* 72:1-13.
5. Hartmann, P. E., Bird, P. H. and Holmes, M. A. 1989. The influence of lactation on piglet survival. In: Barnett, J. L., Hennessy, D. P. (Eds.), *Manipulation Pig Production II*. Australasian Pig Science Association Publication, Melbourne, pp. 101-134.
6. Hiss, S., Meyer, T. and Sauerwein, H. 2008. Lactoferrin



- concentrations in goat milk throughout lactation. *Small Rumin. Res.* 80:87-90.
7. Hyon, Y. S. and Kim, W. S. 2016. Effect of parity on immune-related proteins components in bovine colostrum. *J. Milk Sci. Biotechnol.* 34:193-198.
 8. Korhonen, H. 1998. Colostrum immunoglobulins and the complement system-potential ingredients of functional foods. *Bulletin Int. Dairy Federation.* 336:36-40.
 9. Kushibiki, S., Hodate, K., Kurisaki, J., Shingu, H., Ueda, Y., Watanabe, A. and Shinoda, M. 2001. Effect of β -lactoglobulin on plasma retinol and triglyceride concentration, and fatty acid composition in calves. *J. Dairy Res.* 68:579-586.
 10. Lammler, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227:680-685.
 11. Larson, B. 1992. In advanced dairy chemistry-1. Proteins, P. F. Fox ed. Elsevier Applied Science, London, pp. 231-254.
 12. Larson, L. L., Owen, F. G., Albright, J. L., Appleman, R. D., Lamb, R. C. and Muller, L. D. 1997. Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *J. Dairy Sci.* 60:989-1003.
 13. Leece J. G. 1973. Effect of dietary regimen on cessation of uptake of macromolecules by piglet intestinal epithelium (closure) and transport to the blood. *J. Nutr.* 103:751-756.
 14. Levieux, D., Morgan, F., Geneix, N., Masle, I. and Bouvier, F. 2002. Caprine immunoglobulin G, beta-lactoglobulin, alpha-lactalbumin and serum albumin in colostrum and milk during the early post partum period. *J. Dairy Res.* 69:391-399.
 15. Lodinová-Zádníková, R., Korych, B. and Bartáková, Z. 1987. Treatment of gastrointestinal infections in infants by oral administration of colostrum antibodies. *Nahrung.* 31:465-467.
 16. Markus, C. R., Jonkman, L. M., Lammers, J. H., Deutz, N. E., Messer, M. H. and Rigtering, N. 2005. Evening intake of alpha-lactalbumin increases plasma tryptophan availability and improves morning alertness and brain measures of attention. *Am. J. Clin. Nutr.* 81: 1026-1033.
 17. Matsumoto, H., Shimokawa, Y., Ushida, Y., Toida, T. and Hayasawa, H. 2001. New biological function of bovine alpha-lactalbumin: protective effect against ethanol- and stress- induced gastric mucosal injury in rat. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 65:1104-1111.
 18. Michaelidou, A. M. 2008. Factors influencing nutritional and health profile of milk and milk products. *Small Ruminant Res.* 79:42-50.
 19. Michaelidou, A. M. and Steijns, J. 2006. Nutritional and technological aspects of minor bioactive components in milk and whey: Growth factors, vitamins and nucleotides. *Inter. Dairy J.* 16:1421-1426.
 20. Otani, H. 1998. Production and utilization of bovine milk immunoglobulins specific to pathogenic microorganisms. *Milk Sci.* 47:63-75.
 21. Otani, H. and Fukutani, M. 1994. Effects of bovine milk proteins on the phagocytic property and formation of nitrite by mouse peritoneal macrophages. *Anim. Sci. Technol.* 65:423-431.
 22. Otani, H. and Mizumoto, G. 1998. Suppressive effect of lysozymes and α -lactalbumin on mitogen-induced proliferative responses of mouse lymphocytes. *Anim. Sci. Technol.* 69:1029-1039.
 23. Polzin, H. W., Otterby, D. E. and Johnson, D. G. 1975. Responses of calves fed fermented or acidified colostrums. *J. Dairy Sci.* 58:224-234.
 24. Purup, S., Vestergaard, M., Pedersen, L. O. and Sejrsen, K. 2007. Biological activity of bovine milk on proliferation of human intestinal cells. *J. Dairy Res.* 74:58-65.
 25. Reiter, B. 1985. Composition and physiological properties of human milk. Schaub, J. ed. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 271-284.
 26. Regester, G. O. and Belford, D. A. 1999. New therapeutics from a dairy by product - Cheese whey. *Drug Develop. Res.* 46:286-291.
 27. Sangild, P. T. 2003. Uptake of colostrum immunoglobulins by the compromised newborn farm animal. *Acta Vet. Scand. Suppl.* 98:105-122.
 28. Selvaggi, M., Laudadio, V., Dario, C. and Tufarelli, V.



2014. Major proteins in goat milk: An updated overview on genetic variability. *Mol. Biol. Rep.* 41:1035-1048.
29. Shimazaki, K. 2000. Lactoferrin: A marvelous protein in milk. *Anim. Sci. J.* 71:329-347.
30. Simmen, F. A., Cera, K. R. and Mahan, D. C. 1990. Stimulation by colostrum or mature milk of gastrointestinal tissue development in newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 68:3596-3603.
31. Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, A. and Wheeler, T. T. 2009. Immune components of bovine colostrum and milk. *J. Anim. Sci.* 87:3-9.
32. Stephan, W., Dichtelmüller, H. and Lissner, R. 1990. Antibodies from colostrums in oral immunotherapy. *J. Clin. Chem. Clin. Biochem.* 28:19-23.
33. Tuo, W., Zhu, D. and Bazer, F. W. 1996. Transfer of heterologous immunoglobulin into the uterine lumen of pigs. *J. Reprod. Immunol.* 32:145-155.
34. Ushida, Y., Shimokawa, Y., Matsumoto, H., Toida, T. and Hayasawa, H. 2003. Effect of bovine α -altalbumin on gastric defense mechanisms in native rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 67:577-583.
35. Xu, M., Sugiura, Y., Nagaoka, S. and Kanamaru, Y. 2005. IEC-6 intestinal cell death induced by bovine milk α -lactalbumin. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 69:1082-1089.
36. Xu, M., Sugiura, Y., Nagaoka, S. and Kanamaru, Y. 2005. Involvement of SDS-stable higher Mr forms of bovine normal milk α -lactalbumin in inducing intestinal IEC-6 cell death. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 69:1189-1192.