



Holstein 초유 중 Lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂ 정량과 미생물의 성장에 미치는 영향

랜친핸드 · 배형철 · 남명수*

충남대학교 농업생명과학대학 동물자원과학부

Measurement of Lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂, Antibacterial Activity, and Lactic Acid Bacterial Growth in Holstein Colostrum

Gereltuya Renchinhand, Hyoung Churl Bae, and Myoung Soo Nam*

Division of Animal Science and Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

ABSTRACT

This experiment was carried out to measure the content of lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂, in Holstein colostrum, and to test the effect of it's colostrum on the antibacterial activity to pathogenic bacteria and the growth stimulation of lactic acid bacteria. Colostrum was collected at the first, second, and third day after parturition in summer and winter season. The levels of lactoferrin, IgA, IgG₁, and IgG₂ in Holstein cow colostrum were 0.30 mg/mL, 0.37 mg/mL, 4.00 mg/mL, 0.37 mg/mL, respectively, on the first day of the summer season whereas they were 1.16 mg/mL, 2.60 mg/mL, 13.35 mg/mL, 1.30 mg/mL on the first day of the winter season, postpartum. Heat treated (65°C for 30 min) or non-treated colostrum showed antibacterial activity toward *Escherichia coli*. The growth of commercial mixed strains (*Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*), *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. bulgaricus*, and *L. lactis* subsp. *cremoris* were improved in first, second and third day colostrum compared to normal milk. Commercial mixed strains (*B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*) lowered the pH to 4.97-5.22 and 4.89 while increasing the titratable acidity to 0.75-0.88% and 0.70% in colostrum and normal milk, respectively. However, *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. bulgaricus*, *L. lactis* subsp. *cremoris* lowered the pH to 5.96-6.47 and 6.5-6.8 while increasing the titratable acidity to 0.29-0.48% and 0.20-0.25% in colostrum and normal milk, respectively.

Key words : lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂, bovine colostrum, antibacterial activity

서론

포유동물의 초유는 분만 후 72시간(3일) 동안 분비되는 것으로서 영양분이 풍부할 뿐 아니라, 갓 태어난 새끼에게 개체 보존에 필요한 유용한 물질이 많이 함유되어 있다. 초유는 송아지를 위한 첫 자연식품으로 무엇보다도 중요한 것은 성장촉진과 항균기능을 가진 생리활성성분을 포함하고 있다는 것이다(Larson *et al.*, 1977). 이러한 성장물질은 송아지의 성장과 발달을 촉진시키고, 항균물질은 유해한 미생물의 감염에 대해 방어를 하는 역할을 한다.

초유에서 항균활성은 대부분 immunoglobulin, lactoferrin, lysozyme, lactoperoxidase 등의 성분에 의해 나타난다(Besser and Gay, 1994; Donovan and Odle, 1994; Foley and Otterby, 1978; Reiter, 1978; Shams, 1994). 또한 성장과 세포 복원요소로 transforming growth factor- α (TGF- α), transforming growth factor- β (TGF- β), insulin-like growth factor 1 and 2(IGF-1 and 2)가 있다. Bifidobacteria 성장촉진인자로 buffalo 초유로부터 분리한 유청에서 acidic glycoprotein이 bifidobacteria 성장에 영향을 준다고 보고하였다(Aparna and Salimath, 1999). 지금까지 젖소 초유의 생리활성물질의 정량(Masson and Heremans, 1971), 항균활성 측정(Erdei *et al.*, 1994; Korhonen and Syvaesoja, 1995; Naidu and Arnold, 1994) 및 유산균성장촉진효과(Aparna and Salimath, 1999; Tacket, *et al.*, 1992)에 관한 연구들이 발표되었지만, 국내에서 사육중인 젖소의 초유

*Corresponding author : Myoung Soo Nam, Division of Animal Science and Resources, College of Agriculture & Life Sciences, Chungnam National University, 220 Gung-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-764, Korea. Tel: 82-42-821-5782, Fax: 82-42-823-2766, E-mail: namsoo@cnu.ac.kr

를 이용한 연구는 미미하다.

따라서 본 연구에서 젖소 초유에 함유되어 있는 lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂의 정량, 병원성 미생물에 대한 항균활성 측정 및 유산균의 성장촉진효과를 조사함으로써 초유의 이용가치를 높이는데 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

초유의 일반성분 및 생리활성 물질 정량

1) 초유

충남대학교 부속 동물사육장에서 사육하고 있는 홀스타 인종 10두에서 분만 후 1일, 2일, 3일째 초유를 사용하였다.

2) 일반성분 측정

초유의 일반성분은 Milko Scan(Foss Electric, Denmark)을 사용하여 성분을 분석하였다.

3) Lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂ 정량

초유를 4°C에서 3,000×g로 10분간 원심분리하여 유지방을 분리한 탈지초유를 시료로 사용하였고, ELISA kit (BETHYL, USA)를 사용하여 생리활성물질인 lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂ 양을 측정하였다.

초유의 병원성 미생물에 대한 항균효과

1) 사용한 병원성 미생물

시험에 사용한 병원성 미생물은 *Escherichia coli* KCTC 1039, *Salmonella enteritidis* KCCM 3313, *Listeria monocytogenes* KCTC 3443, *Bordetella avium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycoplasma pulmmis*를 한국생명공학연구원으로부터 분양받아 사용하였다. 각각의 미생물은 Nutrient broth(Difco, Laboratories, St. Louise, MO, USA)에 배양한 후 LB broth(Difco)에 3회 계대 배양하여 활성화된 미생물을 사용하였다.

2) 무열처리한 초유에서 배양한 병원성 미생물의 변화

초유에 1.0%씩 병원성 미생물을 접종하여 12시간 동안 37°C에 배양하면서 3시간마다 초유를 멸균수에 십진 희석하여 각각 배지(*E. coli* KCTC 1039: MacConkey agar, *S. enteritidis* KCCM 3313: Hekton enteric agar, *L. monocytogenes* KCTC 3443: Listeria agar, *B. avium*, *P. aeruginosa*, *M. pulmmis*: Nutrient agar)에 접종한 후 37°C에서 24시간 이상 배양한 후 균수를 계측하였다.

3) 열처리한 초유에서 배양한 병원성 미생물의 변화

초유를 65°C에서 30분간 열처리한 후 초유에 1.0%씩 병원성 미생물을 접종하여 12시간 동안 37°C에 배양하면서

3시간마다 초유를 멸균수에 십진 희석하여 각각 배지(*E. coli* KCTC 1039: MacConkey agar, *S. enteritidis* KCCM 3313: Hekton enteric agar, *L. monocytogenes* KCTC 3443: Listeria agar, *B. avium*, *P. aeruginosa*, *M. pulmmis*: Nutrient agar)에 접종한 후 37°C에서 24시간 이상 배양한 후 균수를 계측하였다.

초유의 유산균 성장촉진 능력 조사

1) 사용한 유산균 종류

공시균주는 10% 탈지유 배지를 조제하여 121°C에서 15분간 열처리한 후 *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus lactis* subsp. *cremoris*와 혼합균주인 *Bifidobacterium longum*, *L. acidophilus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*(Nocks, Japan)를 이용하였다.

2) 초유에서 배양한 유산균의 변화

초유에 *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. bulgaricus*, *L. lactis* subsp. *cremoris*와 상업용 혼합유산균주 *B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*을 2% 접종한 후 37°C에 15시간 배양하면서 3시간 간격으로 멸균수에 십진 희석하여 BCP plate count agar(Eiken Chemical Co., Ltd., Japan)에 접종한 후 24시간 이상 배양한 후 유산균수를 계측하였다.

3) 유산균을 접종한 초유의 pH 및 적정산도 변화

초유에 유산균을 접종한 후 15시간 동안 배양하면서 3시간마다 적정산도와 pH를 측정하였다. 적정산도는 Richardson(1985)의 방법에 따라 측정하였으며, pH는 pH meter(Model 740P, Istek, Korea)를 사용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

초유의 일반성분 및 생리활성 물질 함량

초유의 일반성분을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 초유의 일반성분은 초유를 착유한 시기에 따라 다소 차이를 보였으나 일반적으로 초유의 수분함량은 정상유보다는 적으며, 분만 후 시간이 지남에 따라 고형분 함량이 줄어들

Table 1. General composition of colostrum

Colostrum	Composition (%)					
	Moisture	Protein	Fat	Lactose	Ash	
Summer	1st day	85.71	6.49	2.59	4.19	1.02
	2nd day	86.64	5.67	2.26	4.37	1.06
	3rd day	87.98	4.57	1.76	4.72	0.97
Winter	1st day	74.91	11.77	6.54	4.96	1.82
	2nd day	78.95	9.17	5.43	4.62	1.83
	3rd day	83.28	7.42	3.76	4.58	0.96

면서 수분 함량은 점차 증가하였다. 여름철 분만 후 첫째 날 착유한 초유의 수분 함량은 약 85.71%이었고 둘째 날은 86.64%, 셋째 날은 87.98%로 나타났다. 겨울철에 분만한 초유의 수분함량은 첫째 날은 약 74.91%, 둘째 날은 78.95%, 셋째 날은 83.28%로 나타났다. 이와 같이 계절에 따라 수분함량의 차이가 있음을 알 수 있었는데 이는 여름철에는 신선한 청초 위주로 사료를 급여하고 겨울철에는 사일리지 및 농후사료 중심으로 사료를 급여하기 때문으로 생각되어진다.

초유의 단백질 함량은 정상유보다 많게는 두 세배 정도 함유되어 있으며, 시간이 지나면서 급속히 감소하는 경향을 보이고 있다. 여름철에는 분만 후 첫째 날 단백질 함량은 약 6.49% 이었고 둘째 날은 5.67%, 셋째 날은 4.57%로 나타났다. 겨울철에는 분만 후 첫째 날 단백질 함량은 약 11.77% 이었고 둘째 날은 9.17%, 셋째 날은 7.42%로 나타났다. 초유의 지방은 정상유에 비해 짙은 노란색을 띠었고, 여름철에는 분만 후 첫째 날은 약 2.59%이었고 둘째 날은 2.26%, 셋째 날은 1.76%로 나타났다. 겨울철에는 분만 후 첫째 날은 약 6.54% 이었고 둘째 날은 5.43%, 셋째 날은 3.76%로 나타났는데 여름철의 지방 함량이 겨울철에 비해 상당히 적은 것을 알 수 있었다. 유당은 계절에 관계없이 거의 일정한 수준으로 분비되는데 유당의 함량은 여름철분만 후 첫째 날 착유한 초유에서는 약 4.19%, 둘째 날은 4.87%, 셋째 날은 4.22%이고 겨울철에는 분만 후 첫째 날 착유한 초유에서는 약 4.96%, 둘째 날은 4.62%, 셋째 날은 4.58%로 나타났다. 또한 회분 함량은 정상유보다 높은 것으로 보아 칼슘, 인 등 광물질의 함량이 정상유보다 높은 것을 알 수 있었다.

초유의 lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂ 양은 Table 2와 같다. 송아지 분만 후 첫째 날이 가장 높게 나타났고 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 초유의 lactoferrin 함량은 여름철 첫째 날은 0.30 mg/mL, 둘째 날은 0.14 mg/mL, 셋째 날은 0.12 mg/mL로 나타났다. IgA는 첫째 날은 0.37 mg/mL, 둘째 날은 0.12 mg/mL, 셋째 날은 0.10 mg/mL로 나타났고 IgG₁은 첫째 날은 4.00 mg/mL, 둘째 날은 0.20 mg/mL, 셋째 날은 0.16 mg/mL로 나타났다. 또한 IgG₂는 첫째 날은 0.37 mg/mL, 둘째 날은 0.14 mg/

Table 2. Content of lactoferrin, IgA, IgG₁, and IgG₂ in colostrum

Colostrum		Concentration (mg/mL)			
		Lactoferrin	IgA	IgG ₁	IgG ₂
Summer	1st day	0.30	0.37	4.00	0.37
	2nd day	0.14	0.12	0.20	0.14
	3rd day	0.12	0.10	0.16	0.07
Winter	1st day	1.16	2.60	13.35	1.30
	2nd day	0.88	2.02	6.90	0.71
	3rd day	0.57	0.85	3.54	0.44

mL, 셋째 날은 0.07 mg/mL로 나타났다.

겨울철의 초유의 lactoferrin 함량은 첫째 날은 1.16 mg/mL, 둘째 날은 0.88 mg/mL, 셋째 날은 0.57 mg/mL로 나타났다. IgA는 첫째 날은 2.60 mg/mL, 둘째 날은 2.02 mg/mL, 셋째 날은 0.85 mg/mL로 나타났고 IgG₁은 첫째 날은 13.35 mg/mL, 둘째 날은 6.90 mg/mL, 셋째 날은 3.54 mg/mL로 나타났다. 또한 IgG₂는 첫째 날은 1.30 mg/mL, 둘째 날은 0.71 mg/mL, 셋째 날은 0.44 mg/mL로 나타났다. 이와 같이 여름철보다 겨울철이 lactoferrin과 면역글로블린 함량이 훨씬 높았고 면역글로블린 중에는 IgG₁ 함량이 가장 높고 다음이 IgA, IgG₂ 순임을 알 수 있었다. Korhonen(1977)은 초유에서 lactoferrin의 함량은 1.5-5.0 mg/mL, Tsuji *et al.*(1990)은 정상유에서는 0.1 mg/mL이라고 보고하였고, Mach과 Pahud(1971)는 초유에서 IgG₁, IgG₂의 양은 각각 52.0-87.0 mg/mL, 1.6-2.1 mg/mL, IgM은 3.7-6.1 mg/mL, IgA는 3.2-6.2 mg/mL 이라고 보고하였다. 한편 Butler(1994)는 IgG₁이 46.4 mg/mL, IgG₂는 2.9 mg/mL, IgM은 6.8 mg/mL, IgA는 5.4 mg/mL 함유되어 있다고 보고하였다. 이와 같이 연구자에 따라 lactoferrin과 immunoglobulin의 함량 차이가 있는 것을 알 수 있다.

초유의 병원성 미생물에 대한 항균효과

1) 무열처리한 초유에서 배양한 병원성 미생물의 변화
초유가 병원성 미생물에 대하여 항균활성 기능을 가지고 있는지 알아보기 위해서 열처리하지 않은 초유에 6종류의 병원성 미생물을 접종한 후 12시간 동안 배양하면서 3시간 간격으로 미생물의 변화를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. *E. coli*를 첫째 날, 둘째 날, 세째 날 착유한 초유에 첨가하여 배양한 결과는, 배양 후 3시간째까지는 감소하다가 이후에 증가하여 9시간까지 지속되다가 다시 감소하는 경향을 보였는데 이는 정상유에 비해 초유성분이 *E. coli*에 대해서 항균효과가 있다는 것을 말한다. *S. enteritidis* KCCM 3313은 첫째 날, 둘째 날, 세째 날 착유한 초유에서 시간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였는데 정상유와 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 초유성분이 *S. enteritidis* KCCM 3313에는 항균효과가 없는 것으로 나타났다.

L. monocytogenes KCTC 3443은 첫째 날, 둘째 날, 세째 날 착유한 초유에서 시간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였어 *L. monocytogenes* KCTC 3443에는 항균효과가 없는 것으로 나타났다. *B. avium*, *P. aeruginosa*, *M. pulmmis* 모두 정상유와 같이 첫째 날, 둘째 날, 세째 날 착유한 초유에서 배양시간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였고, 이는 초유성분이 *B. avium*, *Paeruginosa*, *M. pulmmis*에 대하여 항균효과가 없는 것을 의미한다.

2) 열처리한 초유에서 배양한 병원성 미생물의 변화
초유의 항균활성 기능을 알아보기 위해서 열처리한 초

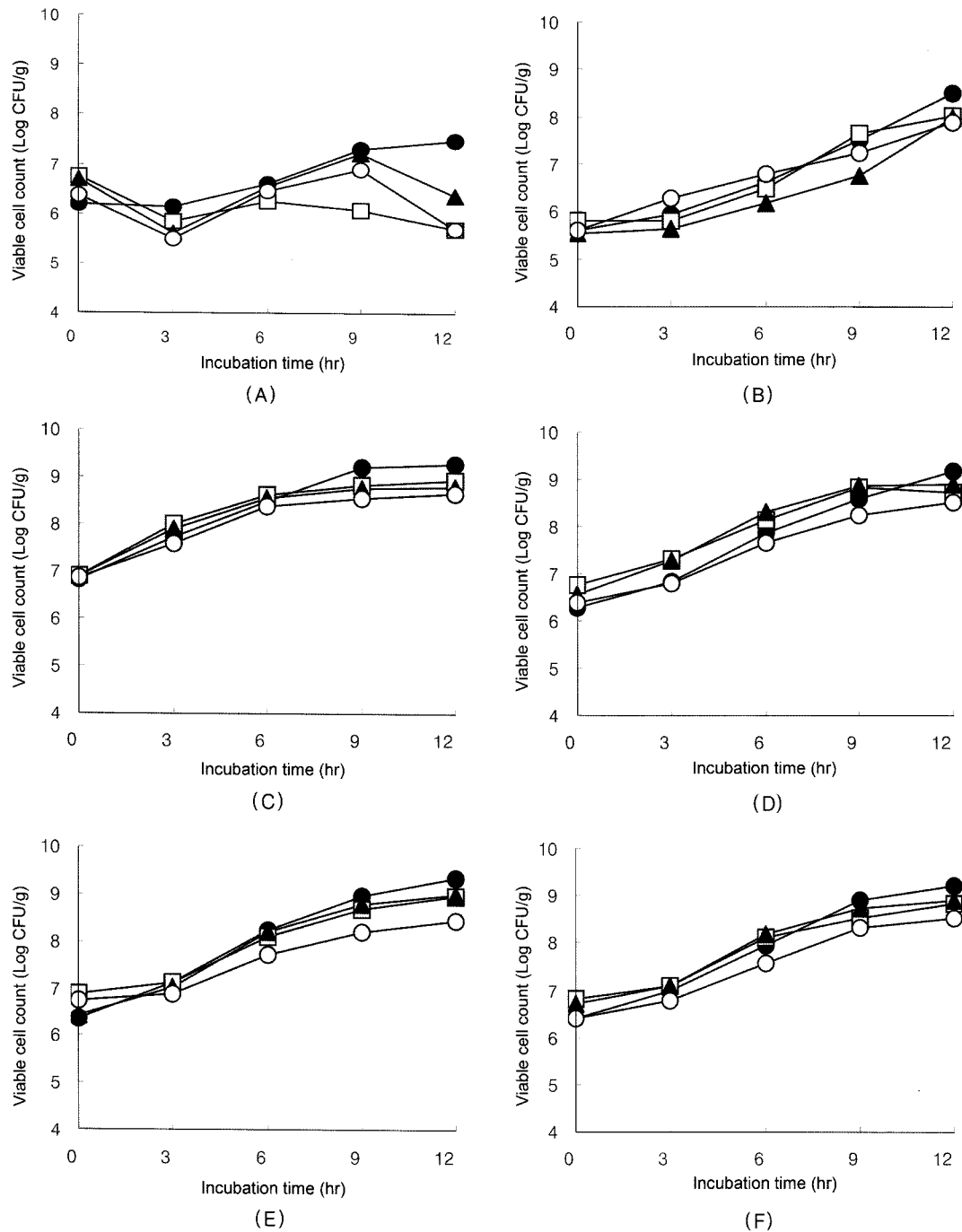


Fig. 1. Antibacterial activity of pathogenic bacteria in heat non-treated colostrum during incubation time. A : *Escherichia coli*, B: *Salmonella enteritidis*, C: *Listeria monocytogenes*, D: *Bordetella avium*, E: *Pseudomonas aeruginosa*, F: *Mycoplasma pulmmsis*. - ● - : normal milk, - □ - : colostrum of 1st day, - ▲ - : colostrum of 2nd day, - ○ - : colostrum of 3rd day.

유에서 배양한 병원성 미생물의 변화를 알아보았다. 방법은 앞에서와 같이 초유에 6종류의 병원성 미생물을 접종한 후 12시간 동안 배양하면 3시간 간격으로 미생물의 변화를 계측하였는데 결과는 Fig. 2와 같다. *E. coli* KCTC 1039를 첫째 날, 둘째 날, 세째 날 착유한 초유에 첨가하여 배양한 결과는 정상유에 비해 배양 전 시간에 걸쳐 성장이 억제되는 것으로 나타났다. 배양 후 3시간째까지는 감소하다가 이후에 증가되는 경향을 보였다. 이러한 결과

는 초유성분이 *E. coli* KCTC 1039에는 항균효과가 있다는 것을 말하는데 열처리하지 않은 초유에서 배양한 병원성 미생물의 변화에서와 같은 결과를 나타내고 있다.

S. enteritidis KCCM 3313은 첫째 날, 둘째 날, 세째 날 착유한 초유에서 비슷한 수로 시간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였어 *S. enteritidis* KCCM 3313에는 항균효과가 없는 것으로 나타났다. *L. monocytogenes* KCTC 3443, *B. avium*, *P. aeruginosa*, *M. pulmmsis* 모두 정상유와 같이

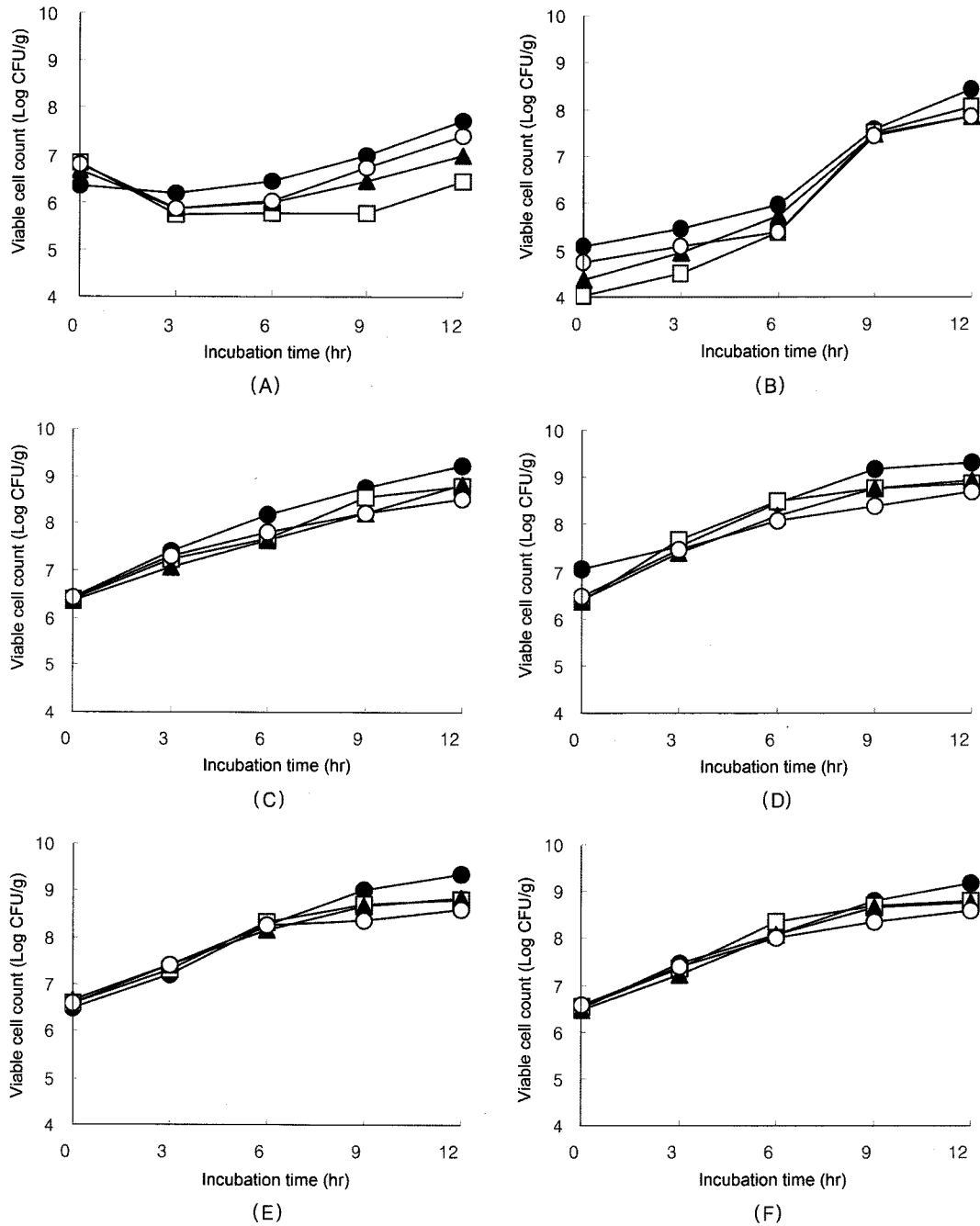


Fig. 2. Antibacterial activity of pathogenic bacteria in heat treated colostrum during incubation time. A: *Escherichia coli*, B: *Salmonella enteritidis*, C: *Listeria monocytogenes*, D: *Bordetella avium*, E: *Pseudomonas aeruginosa*, F: *Mycoplasma pulmmis*. - ● - : normal milk, - □ - : colostrum of 1st day, - ▲ - : colostrum of 2nd day, - ○ - : colostrum of 3rd day.

첫째 날, 둘째 날, 세째 날 착유한 초유에서 시간이 지남에 따라 비슷하게 증가하는 경향을 보였는데, 이는 초유성분이 *L. monocytogenes* KCTC 3443, *B. avium*, *P. aeruginosa*, *M. pulmmis*에 대해서는 항균효과가 없음을 나타낸다. 무열처리한 초유와 열처리한 초유에서 배양한 병원성 미생물의 항균효과는 차이가 없었는데, 이는 65°C에서 30분간 열처리 영향에 의해 항균활성을 나타내는 성분들의 변화가 없는 것으로 생각되어진다.

Hoshower(1994)는 초유에 함유된 sIgA에 의해 poliovirus,

influenza A virus, herpes simplex virus, *E. coli*, *Salmonella*, *Streptococcus*에 대한 방어기능이 있다고 보고하였고, Carol 등(1992)은 건강한 성인에게 *Shigella flexneri*를 투여 후 immunoglobulin의 농도에 따른 효과를 연구하였다. Lactoferrin의 항균활성에 대해서도 *E. coli*(Rainard, 1986; Saito et al., 1991), *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteria* (Batish et al., 1988), *L. monocytogenes*(Payne et al., 1990), *Streptococcus mutans*(Lassiter et al., 1987), *Bacillus stea-rothermophilus*와 *Bacillus subtilis*(Oram and Reiter, 1968)

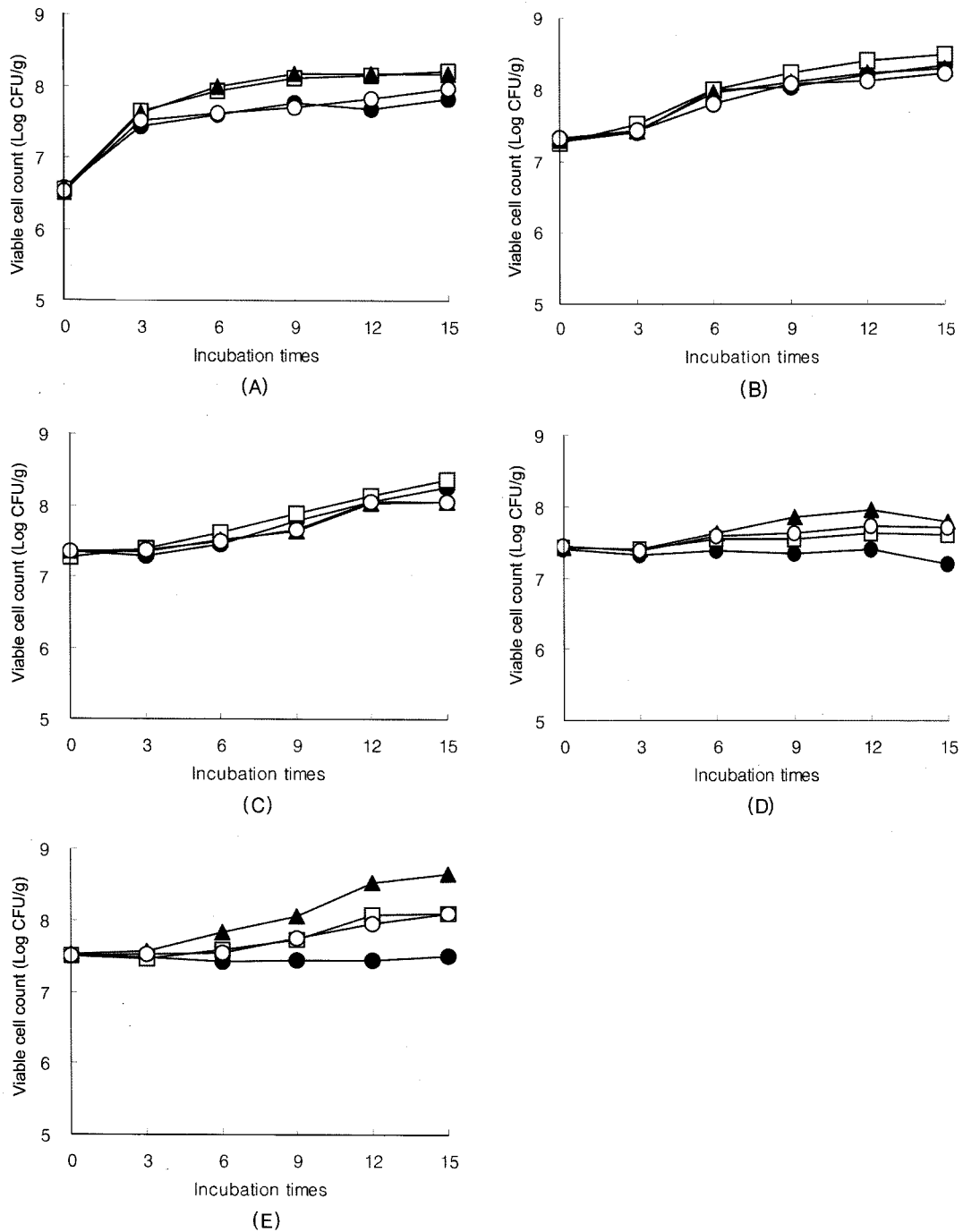


Fig. 3. Effect of growth enhancement of lactic acid bacteria in non-heat treated colostrum during incubation time. A: *Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, B: *Lactobacillus acidophilus*, C: *Lactobacillus casei*, D: *Lactobacillus bulgaricus*, E: *Lactobacillus lactis* subsp. *cremoris*, - ● - : normal milk, - □ - : colostrum of 1st day, - ▲ - : colostrum of 2nd day, - ○ - : colostrum of 3rd day.

등에 관하여 보고되었다. Lysozyme의 항균활성 기전에 대하여 Reiter(1978)는 미생물세포벽의 peptidoglycan 층을 분해하여 미생물을 파괴한다고 보고하였다. Lactoperoxidase의 항균효과에 대해서는 Reiter 등(1976)은 *P. aeruginosa*와 *S. typhimurium*에 대하여, Siragusa와 Gaya 등(1991), Johnson(1989), Kamau 등(1990)은 *L. monocytogenes*에 대하여 보고하였다.

초유에서 유산균 성장촉진 능력

초유에서 유산균 성장촉진 능력을 알아보기 위해 초유에 유산균을 접종하고 15시간 동안의 유산균수의 변화를 측정하는 결과는 Fig. 3과 같다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 접종한 유산균 중 정상유에 비해 상업용 혼합균주(*B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*)와 *L. bulgaricus*, *L. lactis* subsp. *cremoris*가 초유에서 더 잘 자라는 것을 알 수

있었다. 상업용 혼합균인 *B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*를 접종한 초유에서는 배양 후 3시간 간격으로 15시간에 이르기까지 균수를 계측한 결과 배양 3시간까지 증가속도가 급상승하였고 3시간 이후 9시간까지는 서서히 증가하다가 9시간 이후는 성장이 중지하였다. 대조구인 정상유에 비해 균수가 증가하고 있음을 알 수 있었는데, 15시간 배양 후 정상유의 균수는 6.70×10^7 CFU/g이었으나 첫째 날 착유한 초유에서는 15시간 배양 후 1.65×10^8 CFU/g, 둘째 날 착유한 초유에서는 15시간 배양 후 1.51×10^8 CFU/g, 셋째 날 착유한 초유에서는 15시간 배양 후 9.25×10^7 CFU/g으로 모두 정상유보다 균수가 증가하였다.

*L. acidophilus*를 접종한 초유에서 배양 후 3시간 간격으로 15시간에 이르기까지 균수를 계측한 결과를 정상유와 비교하면 조금 증가하였다. *L. casei*도 *L. acidophilus*와 비슷한 경향을 보였다. *L. bulgaricus*를 접종한 초유에서는 배양 후 3시간 간격으로 균수를 계측한 결과 15시간에 이르기까지 정상유에서 균수는 시간이 지나도 거의 증가하지 않고 일정하게 유지하다가 12시간 이후 감소됨을 알 수 있었다. 그러나 첫째 날 착유한 초유에서는 15시간 배양 후 4.10×10^7 CFU/g, 둘째 날 착유한 초유에서는 15시간 배양 후 6.25×10^7 CFU/g, 셋째 날 착유한 초유에서는 15시간 배양 후 5.20×10^7 CFU/g으로 정상유보다 균수가 증가하였다. *L. lactis* subsp. *cremoris*도 접종한 초유에서는 배양 후 3시간 간격으로 균수를 계측한 결과 15시간에 이

르기까지 정상유에 비해 균수가 증가하고 있음을 알 수 있었다. 정상유에서 배양한 균수는 처음이나 15시간 후나 큰 차이가 없이 6.70×10^7 CFU/g이었으나, 첫째 날 착유한 초유에서는 15시간 배양 후 1.65×10^8 CFU/g, 둘째 날 착유한 초유에서는 15시간 배양 후 1.51×10^8 CFU/g로 가장 높았고, 셋째 날 착유한 초유에서는 15시간 배양 후 9.25×10^7 cfu/g으로 모두 정상유보다 균수가 증가하였다. 이러한 결과는 초유에서 유산균 증식효과가 정상유보다 우수하다는 것을 입증하였다. *L. bulgaricus*와 *L. lactis* subsp. *cremoris*를 제외한 다른 균에서 첫째 날 착유한 초유에서 균수가 가장 높았고, 둘째 날에서 셋째 날로 갈수록 균수는 조금씩 감소하였다. 따라서 첫째 날 착유한 초유에서 유산균 증식효과가 가장 높은 것으로 보아 이는 초유성분이 고형분 함량과 관계가 있는 것으로 생각된다. 첫째 날이 고형분 성분이 가장 높아서 이러한 고형분 성분 중에서 유산균을 증식시키는 물질이 함유되어 있는 것으로 생각된다.

초유에서 유산균이 성장하면서 유산을 생성하는 정도를 알아보기 위해서 초유에 유산균을 접종하고 15시간 동안 배양하면서 3시간 간격으로 pH와 적정산도의 변화를 측정된 결과는 Table 3 및 Table 4와 같다. Table 3에서 나타난 바와 같이 유산균 숫자가 증가하면 유산생성이 증가하여 pH는 낮아지고 산도는 높아지는 것을 Table 3 및 Table 4에서 볼 수 있다. 유산균 종류별로 배양 15시간 후에 측정된 pH는 정상유에 비해 초유 첫째 날, 둘째 날, 셋

Table 3. Changes of pH in fermented colostrum by lactic acid bacteria

Colostrum		Incubation time (hr)					
		0	3	6	9	12	15
MC	1st day	6.55	6.19	5.97	5.55	5.25	5.22
	2nd day	6.62	6.19	5.72	5.26	5.00	4.99
	3rd day	6.43	6.01	5.76	5.20	4.98	4.97
	Normal milk	6.86	6.43	5.83	5.28	4.98	4.89
LA	1st day	6.47	6.48	6.38	6.23	6.11	5.96
	2nd day	6.54	6.56	6.48	6.38	6.34	6.23
	3rd day	6.64	6.67	6.59	6.49	6.39	6.25
	Normal milk	6.88	6.84	6.77	6.73	6.65	6.50
LB	1st day	6.44	6.45	6.40	6.32	6.20	6.10
	2nd day	6.50	6.54	6.49	6.48	6.39	6.31
	3rd day	6.61	6.64	6.59	6.58	6.49	6.40
	Normal milk	6.84	6.84	6.80	6.75	6.67	6.60
LC	1st day	6.55	6.56	6.52	6.54	6.53	6.47
	2nd day	6.45	6.48	6.42	6.43	6.40	6.33
	3rd day	6.63	6.66	6.60	6.63	6.61	6.57
	Normal milk	6.86	6.86	6.85	6.87	6.85	6.81
LD	1st day	6.57	6.51	6.45	6.27	6.37	6.30
	2nd day	6.48	6.41	6.34	6.17	6.23	6.11
	3rd day	6.65	6.60	6.54	6.37	6.47	6.36
	Normal milk	6.88	6.81	6.77	6.65	6.83	6.76

MC: mix culture of *B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*. LA: *L. acidophilus*, LB: *L. casei*, LC: *L. bulgaricus*, LD: *L. lactis* subsp. *cremoris*.

Table 4. Changes of titratable acidity(%) in fermented colostrum by lactic acid bacteria

Colostrum		Incubation time (hr)					
		0	3	6	9	12	15
MC	1st day	0.41	0.35	0.42	0.53	0.62	0.75
	2nd day	0.40	0.34	0.46	0.61	0.94	0.85
	3rd day	0.32	0.36	0.47	0.66	0.96	0.88
	Normal milk	0.20	0.25	0.38	0.50	0.64	0.70
LA	1st day	0.31	0.31	0.34	0.38	0.42	0.48
	2nd day	0.31	0.30	0.33	0.35	0.37	0.39
	3rd day	0.27	0.27	0.28	0.31	0.33	0.37
	Normal milk	0.18	1.86	0.20	0.21	0.22	0.25
LB	1st day	0.31	0.31	0.32	0.35	0.38	0.43
	2nd day	0.31	0.31	0.35	0.34	0.34	0.38
	3rd day	0.27	0.27	0.28	0.29	0.31	0.34
	Normal milk	0.18	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23
LC	1st day	0.29	0.31	0.31	0.31	0.32	0.34
	2nd day	0.31	0.32	0.32	0.32	0.34	0.34
	3rd day	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29
	Normal milk	0.17	0.19	0.18	0.18	0.18	0.20
LD	1st day	0.31	0.32	0.32	0.35	0.35	0.40
	2nd day	0.29	0.31	0.33	0.34	0.38	0.42
	3rd day	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.34
	Normal milk	0.19	0.18	0.20	0.20	0.19	0.20

MC: mix culture of *B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*. LA: *L. acidophilus*, LB: *L. casei*, LC: *L. bulgaricus*, LD: *L. lactis* subsp. *cremoris*.

째 날 모두 낮은 것을 알 수 있다. 정상유는 대체적으로 pH가 6.5-6.8 사이였으나 유산균을 접종한 각 그룹은 pH 5.96-6.57로 나타났고 *B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*는 정상유는 5.04인 반면 초유 첫째 날, 둘째 날, 셋째 날 모두 4.98 전후로 나타났다. 각 유산균 종류별로 배양 15시간 후에 측정된 산도는 정상유에 비하여 초유 첫째 날, 둘째 날, 셋째 날 모두 높은 것을 알 수 있다. 정상유는 대체적으로 산도가 0.20-0.25% 사이였으나 초유에서는 산도가 0.29-0.48%로 나타났고, *B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*는 예외적으로 정상유는 0.70%인 반면 초유 첫째 날, 둘째 날, 셋째 날 모두 0.75-0.88% 사이로 나타났다. 이러한 결과는 유산균 숫자와 pH 및 산도의 결과가 일치하는 것으로 나타났다. 한편 Aparna와 Salimath(1999)는 물소 초유에서 분리한 산성 당단백질이 *Bifidobacterium bifidus* var. *pennsylvanicus*의 성장을 향상시킨다고 보고하였다.

요 약

본 실험은 홀스타인 젖소의 초유에 함유된 lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂의 함량과 병원성미생물의 항균효과, 유산균 증식효과를 알아보기 위하여 수행하였다. 홀스타인종 젖

소 초유의 lactoferrin, IgA, IgG₁, IgG₂의 함량은 여름철의 경우 분만 후 첫째 날에 각각 0.30 mg/mL, 0.37 mg/mL, 4.00 mg/mL, 0.37 mg/mL, 겨울철의 경우 분만 후 첫째 날에 각각 1.16 mg/mL, 2.60 mg/mL, 13.35 mg/mL, 1.30 mg/mL로 측정되었다. 무열처리한 초유와 65°C에서 30분간 열처리한 초유에서 배양한 병원성 미생물의 변화는 *E. coli* 균주에 대하여 초유의 항균활성이 나타났다. 초유 첫째 날, 둘째 날, 셋째 날의 유산균수 성장촉진 효과는 *B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*의 상업용 혼합균주와 *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. bulgaricus*, *L. lactis* subsp. *cremoris*에서 모두 정상유보다 균수가 증가하였다. 초유 첫째 날, 둘째 날, 셋째 날의 pH는 배양 15시간 후 *B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*의 상업용 혼합균주와 *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. bulgaricus*, *L. lactis* subsp. *cremoris*에서 각각 4.97-5.22 및 5.96-6.47로 나타났으나, 정상유에서는 각각 4.89, 6.50-6.81이었다. 초유 첫째 날, 둘째 날, 셋째 날의 산도는 *B. longum*, *L. acidophilus*, *S. thermophilus*의 상업용 혼합균주와 *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. bulgaricus*, *L. lactis* subsp. *cremoris*에서 각각 0.75-0.88% 및 0.29-0.48%로 나타났으나, 정상유에서는 각각 0.70%, 0.20-0.25%이었다.

감사의 글

본 논문은 2005년도 농림부 농촌경제연구원부설 농림기술관리센터에서 지원한 연구비(과제번호 : 105057-03-1-CG-000)에 의하여 연구된 것으로 이에 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. Aparna, H. S. and Salimath, P. V. (1999) Acidic glycoproteins of buffalo colostrum and their influence on the growth of *Bifidobacterium bifidus*. *Nutr. Res.* **19**, 295-303.
2. Batish, V. K., Chander, H., Zumdegeni, K. C., Bhatia, K. L., and Singh, R. S. (1988) Antibacterial activity of lactoferrin against some common food-borne pathogenic organisms. *Aust. J. Dairy Technol.* **5**, 16-18.
3. Besser, T. E. and Gay, C. C. (1994) The importance of colostrum to the health of the neonatal calf. *Vet. Clin. N. Am-Food Anim. Practice* **10**, 107-117.
4. Butler, J. E. (1994) Passive immunity and immunoglobulin diversity. In: Indigenous antimicrobial agents of milk - Recent Developments. *Int. Dairy Fed. Special Issue* **9404**, 14-50.
5. Donovan, S. M. and Odle, J. (1994) Growth factors in milk as mediators of infant development. *Annu. Rev. Nutr.* **14**, 147-167.
6. Erdei, J., Forsgren, A., and Naidu, A. S. (1994) Lactoferrin binds to porins OmpF and OmpC in *Escherichia Coli*. *Infect. Immun.* **62**, 1236-1240.
7. Foley, J. A. and Otterby, D. E. (1978) Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum. A review. *J. Dairy Sci.* **61**, 1033-1060.
8. Gaya, P., Medina, M., and Nunez, M. (1991) Effect of the lactoperoxidase system on *Listeria monocytogenes* behavior in raw milk at refrigeration temperatures. *Appl. Environ. Microbiol.* **57**, 3355-3360.
9. Hoshower L. (1994) Brief communication: immunologic aspects of human colostrum and milka misinterpretation. *Am. J. Phys. Anthropol.* **94**, 421-5.
10. Kamau, D. N., Doores, S., and Pruitt, K. M. (1990) Enhanced thermal destruction of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* by the lactoperoxidase system. *Appl. Environ. Microbiol.* **56**, 2711-2716.
11. Korhonen, H. (1977) Antimicrobial factors in bovine colostrum. *J. Agr. Sci. Finland* **49**, 434-447.
12. Korhonen, H., Syvaaja, E. L., Ahola-Luttilla, H., Sivela, S., Kopola, S., and Husu, J. (1995) Bactericidal effect of bovine normal and immune serum, colostrum and milk against *Helicobacter pylori*. *J. Appl. Bacteriol.* **78**, 655-662.
13. Larson, L. L., Owen, F. G., Albright, J. L., Appleman, R. D., Lamb, R. C., and Muller, L. D. (1977) Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *J. Dairy Sci.* **60**, 989-1003.
14. Lassiter, M. O., Newsome, A. L., Sams, L. D., and Arnold, R. R. (1987) Characterization of lactoferrin interaction with *Streptococcus mutans*. *J. Dent. Res.* **66**, 480-485.
15. Mach, J. P. and Pahid, J. J. (1971) Secretory IgA: a major immunoglobulin in most bovine external secretion. *J. Immun.* **106**, 552-563.
16. Masson, P. L. and Heremans, J. F. (1971) Lactoferrin in milk from different species. *Comp. Biochem. Physiol.* **39**, 119-29.
17. Naidu, A. S. and Arnold, R. R. (1994) Lactoferrin interaction with *Salmonellae* potentiates antibiotic susceptibility *in vitro*. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.* **20**, 69-75.
18. Oram, J. D. and Reiter, B. (1968) Inhibition of bacteria by lactoferrin and other iron-chelating agents. *Biochim. Biophys. Acta* **170**, 351-365.
19. Payne, K. D., Davidson, P. M., and Olivier, S. P. (1990) Influence of bovine lactoferrin on the growth of *Listeria monocytogenes*. *J. Food Protect.* **53**, 468-472.
20. Rainard, P. (1986) Bacteriostatic activity of bovine milk lactoferrin against mastic bacteria. *Vet. Microbiol.* **11**, 387-392.
21. Reiter, B., Marshall, V. M., Bjorck, L., and Rosen, C. G. (1976) Nonspecific bactericidal activity of the lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system of milk against *Escherichia coli* and some Gram-negative pathogens. *Infect. Immun.* **13**, 800-807.
22. Reiter, B. (1978) Review of the progress of dairy science: Antimicrobial systems in milk. *J. Dairy Res.* **45**, 131-147.
23. Richardson, G. H. (1985) Standard methods for the examination of dairy products 15th ed, American Public Health Association Inc. Washington, DC, pp. 133.
24. Saito, H., Miyakawa, H., Tamura, Y., Shimamura, S., and Tomita, M. (1991) Potent bactericidal activity of bovine lactoferrin hydrolysate produced by heat treatment at acidic pH. *J. Dairy Sci.* **74**, 3724-3730.
25. Shams, D. (1994) Growth factors in milk. *Endocr. Reg.* **28**, 3-8.
26. Siragusa, G. R. and Johnson, M. G. (1989) Inhibition of *Listeria monocytogenes* growth by the lactoperoxidase thiocyanate-H₂O₂ antimicrobial system. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **55**, 2802-2805.
27. Tacket, C. O., Binion, S. B., Bostwick, E., Losonsky, G., Roy, M. J., and Edelman, R. (1992) Efficacy of bovine immunoglobulin concentrate in preventing illness after *Shigella flexneri* challenge. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **47**, 276-283.
28. Tsuji, S., Hirata, Y., Mukai, F., and Ohtagaki, S. (1990) Comparison of lactoferrin content in colostrum between different cattle breeds. *J. Dairy Sci.* **73**, 125-128.