

## 가공처리조건이 초유 Immunoglobulin G의 변화에 미치는 영향

이수원 · 양동훈\* · 황보 식 · 이승환

성균관대학교 생명공학부, \*유니온통산

### Changes of Bovine Colostral Immunoglobulin G on Processing Conditions

S. W. Lee, D. H. Yang\*, S. Hwangbo and S. H. Lee

Faculty of Life Science and Technology, Sungkyunkwan University

\* Union Trade Co.

#### Abstract

We investigated changes of immunoglobulin G (IgG) concentrations by heating and drying condition. Also it is performed to group for commercial product by promoting of IgG preservation and reducing of protein denaturation. The result was that content of IgG in colostrum was higher than normal milk. Especially, IgG content of colostrum within 12 hrs after parturition was over 44.67mg/ml and it is 60 times of normal milk. IgG contents was reduced rapidly according as passage of the time. IgG content of the sample heating at 30min at 65°C was still a little higher than heating for 10sec at 72°C. IgG denaturation of heat treatment at 100°C for 10sec was lower than at 85°C for 30min. We investigated the changes of IgG concentrations of kinds of market milk different with heating processing. This result showed that IgG denaturation ratio by ultra high temperature pasteurization (UHT) was higher than long time low temperature pasteurization (LTLT). On the other hands, IgG content by spray drying was 14.5mg/g and freezing drying was 10.8mg/g. It showed that denaturation of protein content by freezing drying was more than spray drying.

Key words : colostrum, immunoglobulin, sandwich indirect ELISA, spray drying

#### 서 론

우유는 가장 안전한 식품으로 알려져 있으며, 인류의 건강을 위해 매우 유익하게 이용되는 물질이다. 상유 100ml 중에는 약 0.5%의 유청 단백질이 함유되어 있으며, 중요한 유청 단백질로는  $\beta$ -lactoglobulin이 약 58%,  $\alpha$ -lactalbumin이 약 20%, 면역글로블린 (Ig)이 약 13%, 그리고 약 7%의 혈청 알부민을 함유하고 있다<sup>(1)</sup>. 그러나 분만 후 1주일 이내의 초유는 그 조성성분이 상유와 매우 다르다. 초유는 고형분, 특히 단백질의 함량이 높으며, 신생 송아지의 생존에 극히 중요하고, 신생아의 미발달

된 장기관을 보호하고 발달시키는 면역요소를 함유하고 있다<sup>(2,3)</sup>. 초유는 정상유보다 알부민, 글로블린, 회분 등이 많이 함유되어 있으며, pH 및 유당 함량은 대체로 낮으나, 케이션과 지방의 함량에는 큰 차이가 없는 것으로 알려져 있다<sup>(4)</sup>. 또한 홀스타인종 우유에 있어서는 정상유의 총고형물이 12.9%인데 비해 초유는 23.9%이고, 단백질은 상유 3.1%, 초유 14.0%이며, 회분은 상유 0.74%, 초유 1.11%로 총고형분, 단백질, 회분 등은 분만 2~3주 후의 젖보다 초유에 더 많은 것으로 알려져 있으며<sup>(5)</sup>, 그 중에서 가장 현저한 차이를 나타내는 것은 단백질로 그 주 요인은 초유 중의 Ig 때문이다. 이는 초유 중의 Ig가 생리 활성적 기능을 갖는 매우 중요한 성분이며, 이를 안정적으로 이용할 수 있는 것이 매우 중요하다는 것을 시사한다고 할 수 있을 것이다.

소의 Ig는 신생우에게 단지 초유를 통한

Corresponding author : S. W. Lee, Faculty of Life Science and Technology, Sungkyunkwan University, 300, Chunchun-dong, Jangan-gu, Suwon, Kyunggi-do, Korea.

passive immunity방법에 의하여 전달되며, 특히 분만 후 24시간 이전의 초유에 다량의 Ig이 함유되어 있다<sup>(6,7)</sup>. 이렇게 상유와 상당한 차이를 보이는 초유가 송아지에 있어 가장 중요한 점은 초유 중 면역 성분에 의한 송아지의 보호 작용이다. 이는 초유의 유청 내에 존재하는 IgG의 작용으로서 이로 인해 송아지가 새로운 환경에 적응하며 여러 가지 질병에 대한 저항성을 부여받을 수 있는 것이다. 일반적으로 소의 초유에 가장 많이 함유되어 있는 Ig은 G<sub>1</sub>과 G<sub>2</sub>로 구분되어지는데, 연령과 산차 등에 따라 그 비율이 다르다<sup>(8)</sup>. 일반적으로 초유의 Ig농도는 산차가 높을수록 증가하는 경향이 있으며<sup>(9)</sup>, 분만 후 Ig의 감소는 연령이 낮을수록 그 감소율이 빠르게 진행된다. 품종에 따른 초유 Ig의 함량도 상이하어, 저어지가 가장 많은 Ig를 함유하고 있으며, 에어서, 브라운스위스, 거언지, 그리고 홀스타인의 순서이다<sup>(6)</sup>.

분만 후 생산되는 초유의 양은 어린 송아지의 섭취량보다 많다. 송아지가 섭취하고 남은 초유는 더운 온도에서 저장할 경우 우유에서 성장할 수 있는 *Pseudomonas*, *Bacillus*, 젖산균, 대장균, 효모와 곰팡이 등에 의해 변패되어 송아지가 이용할 수 없게 된다. 따라서 초유를 안전하고 위생적으로 보존하기 위해 젖산균을 이용한 젖산발효로 초유를 발효시킴으로써 초유 내 유해 미생물의 성장을 억제하여 인어 초유의 보존성을 증진시키며 이를 이용한 송아지의 건강 증진 효과에 대한 연구가 진행되고 있다<sup>(10~12)</sup>. 그러나, 아직 이러한 초유의 보존성을 증진시켜 이를 상품화하기 위한 연구가 초보단계에 머물고 있어, 초유의 유용성분을 안정하게 보존하기 위한 연구가 시급히 요구되고 있다.

국내의 경우, 초유의 보존방법이 미비하고, 초유의 중요성에 대한 인식이 부족하여 대부분은 전량 폐기되고 있는 실정이다. 따라서, 초유를 안전하게 저장하는 수단을 강구하고, 송아지의 면역활동에 가장 중요하게 작용하는 Ig의 변성을 최소화하기 위한 방안을 모색하는 것은 초유의 가치를 향상시키기 위해서 매우 중요한 연구일 것이다. 이러한 관점에서 먼저 살균온도에 따른 Ig의 변화와 건조 방법에 따른 Ig의 변화를 측정하였다. 또한 시판되고 있는 각종 시유 중의 Ig의 함량을 측정하여, Ig의 변화를 최소화시킬 수 있는 초유의 보존방법을 모색해

보기로 하였다.

## 재료 및 방법

### 공시유 채취

초유는 성원유업과 축산시험장의 홀스타인 20두(2산 10두, 3산 10두)로부터 채취하여 공시유로 하였다. 초유는 분만 후 1일부터 5일까지 12시간 간격으로 500ml씩 순 착유하여 분석 전까지 -20°C에 급속 냉동시켰다가 해동하여 사용하였다. 가열 및 건조조건에 따른 IgG의 함량 변화는 12시간 간격으로 채취한 5일까지의 초유를 동일한 양으로 모두 혼합하여 공시유로 사용하였다. 상유는 분만 후 240시간에 착유한 우유로 하였다.

### 초유 유청단백질

공시유를 5,000rpm에서 30분간 2회 원심분리하여 유지방을 제거한 다음, pH 4.6에서 침전하는 케이신을 제거하고 얻어진 유청을 pH 6.6으로 제조정하여 분석 전까지 -20°C에 급속 냉동시켰다.

### 초유 중의 IgG 함량 측정

젖소 초유 및 상유의 IgG 함량의 분석은 Coligan 등<sup>(13)</sup>의 sandwich indirect enzymelinked immunosorbent assay (siELISA)법으로 측정하였다. Capture IgG는 rabbit IgG (Sigma), 표준 IgG는 bovine IgG (whole molecule, Sigma), 그리고 효소는 alkaline phosphatase 표식 bovine IgG (Sigma)를 사용하였다. 기질은 0.1% *p*-nitrophenyl-phosphate disodium salt (Sigma)를 이용하였으며, 기질을 첨가하여 37°C에서 30분간 발색시킨 후 405 nm에서 측정하였다. 표준물질에 의해 작성된 회귀직선방정식으로 분만 후 IgG의 함량 변화를 계산하였다( $y = 0.418X + 0.143$  ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ )).  $y$ , IgG ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ );  $X$ , absorbance at 405 nm).

### 단백질 정량

단백질 정량은Markwell 등의 방법<sup>(14)</sup>을 사용하여 정량하였으며, 표준물질은 소 혈청알부민(Sigma, 획분 V)를 사용하였다.

### 가열에 따른 IgG의 함량 변화

우유 살균 조건을 고려하여 초유 중에 함유되어 있는 IgG의 열 안정성을 조사하기로 하였다. 분만 후 5일까지의 초유를 65°C/30min, 72°C/15sec, 85°C/10min, 100°C/10sec, 그리고 100°C/1min 가열한 후, 열 변성된 단백질을 15,000 rpm/15min 원심 분리한 후, 상등액을 이용하여 IgG의 함량변화를 측정하였다.

#### 시유 중의 IgG 함량

시판 중인 각 유업회사의 저온장시간살균유(LTLT) 3종, 초고온살균유(UHT) 3종을 구입하여 살균방법에 따른 IgG의 함량을 측정하였다. IgG의 측정은 '초유 중의 IgG 함량 측정'에서 얻어진 1차 회기방정식을 이용하여 측정하였으며, 실험방법은 '초유 중의 IgG의 함량 측정'과 동일한 방법으로 실시하였다. 시유의 살균조건은 63~65°C/30분(A), 63°C/30분(B 및 C), 135°C/2초(D), 130°C/2초(E), 그리고 130~135°C/2초(F)였다.

#### 건조방법에 따른 IgG의 함량 변화

건조방법에 따른 초유 중의 IgG 함량 변화를 조사하기 위하여 초유 100ml을 냉각 에탄올을 이용하여 동결시킨 후 동결건조기(Heto사, FD 3)를 이용하여 건조시킨 초유와 열풍분무건조기(in-put temp. 140°C, out-put temp. 80°C, 18,000rpm, 미현엔지니어링)로 분무 건조한 초유를 50mg/ml농도로 PBS (pH 7.2)에 용해하여 4°C에서 4시간 동안 가용화시킨 후, Ultrasonic으로 30분간 초음파 처리하였다. 단백질 용액을 12,500rpm으로 10분간 원심 분리하여 불용성 단백질을 제거한 후, IgG의 변화를 측정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 비유기간에 따른 IgG의 함량변화

Bovine IgG 표준곡선( $y = 0.418X + 0.143$  ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ ),  $y$ , IgG ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ );  $X$ , absorbance at 405 nm)을 이용하여 분만 후 시간의 경과에 따른 IgG의 변화를 측정된 결과, IgG의 양은 첫 착유의 초유에서는 44.67mg/ml로 상유의 0.72 mg/ml보다 약 60배 이상 함유하고 있었다 (Table 1). 또한 IgG의 함량은 분만 후 60시간까지는 시간의 경과와 함께 급속도로 감소하였

Table 1. Changes of IgG concentration from colostrum to normal milk by siELISA (mg/ml)

Time after parturition (hrs)	Mean $\pm$ S.D. <sup>1)</sup>
12	44.67 $\pm$ 5.45
24	36.98 $\pm$ 5.54
36	8.68 $\pm$ 3.54
48	4.87 $\pm$ 2.58
60	1.67 $\pm$ 0.77
72	1.28 $\pm$ 0.62
84	1.19 $\pm$ 0.49
96	1.25 $\pm$ 0.27
108	0.75 $\pm$ 0.21
120	0.81 $\pm$ 0.24
240	0.73 $\pm$ 0.26

<sup>1)</sup> Each value is an average of 5 replicates  $\pm$  standard deviation

으며 (Table 1). 108시간 이후에는 거의 상유와 비슷한 함량을 나타내었다. 상유에서는 IgG의 함량이 유청단백질의 5~10%를 차지하고 있으나, 초유 중에는 약 85% 이상을 차지하고 있으며, 그 중 80% 이상의 대부분이 IgG1로 이루어져 있다<sup>(15,16)</sup>. 홀스타인의 초유 IgG 농도는 유청에 17mg/ml 함유되어 있는 것으로 보고<sup>(17)</sup>되고 있으며, 48시간 이내에는 초산이 21.9 mg/ml, 4산이 29.8mg/ml, 그리고 5~8산이 26.1mg/ml 함유되어 있는 것으로 알려져 있다<sup>(7)</sup>. Fleet 등<sup>(18)</sup>에 의하면 분만 후 4일까지는 IgG의 함량이 감소하지만 그 후에는 거의 변화하지 않는다고 하였다. 이러한 감소 경향은 본 연구와 유사하게 나타났으나, 양적으로는 다소 차이가 있었다. 초유 중의 IgG의 함량은 품종에 따라서도 상이하게 나타난다. 즉, 저어지가 가장 많은 IgG를 함유하고 있으며, 홀스타인이 가장 적은 함량을 나타낸다<sup>(6)</sup>. 이와 같이 초유 중의 IgG 함량은 여러 가지 요인에 의해 그 함량이 상이하지만, 상유와 비교할 때 그 함량이 압도적으로 많은 것은 송아지의 면역체계에 있어서 없어서는 안될 중요한 생리활성 물질임을 나타내고 있다고 할 수 있다. 따라서 초유 또는 우유 중에 함유되어 있는 IgG를 안정하게 보존하는 것은 매우 중요한 일일 것이다.

### 가열온도에 따른 면역성분 변화

우리가 음용하는 우유는 여러 가지 가공과정을 거치며, 열처리는 필수적인 단계이다. 그러나 이러한 열처리는 우유 중의 단백질을 불용화시키는 요인으로 작용하지만<sup>(10)</sup>, 장기간 저장하기 위해서는 반드시 거쳐야 할 공정이다. 이러한 공정상 발생할 수 있는 IgG의 함량변화를 조사하여 초유 중의 IgG를 안정하게 보존할 수 있는 방안을 모색하였다. 일반적으로 목장에서 미생물의 증식을 억제하고, 시유의 열처리 조건을 고려하여 초유를 가열한 결과, 65°C에서 30분간 가열하였을 때 단백질 변성율이 약 20%이었으며, 72°C에서 15초간 가열할 경우 약 8%의 단백질이 열변성하였다(Table 2). 가열에 의한 초유 단백질의 열변성은 가열시간이 길수록 많은 것으로 나타났으며, 100°C에서 단시간 살균하는 것이 65°C에서 장시간 가열하는 것보다 더 적은 것이 확인되었다(Table 2).

분만 후 5일까지 착유한 초유를 일정량씩 혼합하여 IgG의 함량을 조사한 결과, 16.2mg/ml이었다(Table 2). 이 초유를 이용하여 여러 가지 가열조건에 따른 IgG의 변화를 조사한 결과, 65°C와 72°C에서는 비가열 초유와 거의 같은 함량을 나타내었으나, 90%이상의 단백질이 변성한 85°C에서는 IgG가 약 41% 열변성된 것으로 나타났다(Table 2). 또한 100°C에서 1분간 가열한 초유는 약 10%의 IgG가 변성되었다. 일반적으로 단백질은 열에 의하여 변성되는데, 이는 열처리에 의해 일부 단백질의 SH기

가 유리되어 단백질이 변성되기 때문이다<sup>(19)</sup>. 인<sup>(20)</sup>은 가열온도의 상승과 가열한 우유를 저장하면 단백질의 함량이 감소하는 것으로 보고하고 있다. 또한 김 등<sup>(21)</sup>에 의하면, 유청 단백질 중  $\beta$ -lactoglobulin 및 면역글로블린은 열에 비교적 약하여 60°C 이상에서 열변성이 시작된다고 하였다. 이러한 결과들은 본 연구와 유사한 경향을 나타내는 것으로, 초유 중의 주요 생리활성 물질의 하나인 IgG를 안정적으로 보존하기 위한 열처리 방법이 매우 중요하다고 할 수 있다.

### 시유 중의 IgG 함량

지금까지의 결과, 초유 중에 함유되어 있는 IgG는 가열온도와 시간에 따라 변성되는 정도가 매우 상이하다는 것이 확인되었다. 초유를 가공 처리하여 품질을 안정화시킨다는 의미에서, 시판되고 있는 각종 시유 중의 IgG 함량을 조사하여, 초유의 가공처리조건에 따른 변화와 비교하였다. 현재 국내에서 시판되는 시유의 대부분은 LTLT시유와 UHT시유이다. 따라서 각각의 제품을 3종류씩 구입하여 IgG의 함량을 siELISA법으로 조사하였다. LTLT에 의해 생산된 시유는 0.48~0.63으로서 Table 1의 분만 후 240시간에 착유한 원유의 IgG 함량을 기준으로 할 때 원유 IgG의 약 13.7%(B제품)~34.2%(A제품)가 변성된 것으로 나타났으며, 이러한 변성량은 가열 온도가 높을수록 많았다(Table 3). Meylean<sup>(22)</sup>에 의하면, 44.4g/l의 초유 IgG가 LTLT에 의해 약 16%가 변성되어 37.2g/l가 검출된다고 하므로, 시유 제조 공정 중 많이 사용하고 있는 LTLT에 의해서도 유성분이 변성됨을 확인할 수 있었다.

UHT에 의해 생산된 시유의 IgG 함량은 0.12~0.18mg/ml이었으며, LTLT유와 유사하게 온도가 높을수록 변성량이 많았다(Table 3). UHT시유 중의 IgG 함량을 원유와 비교할 경우, 약 76.3%~83.6%가 변성된 것으로 확인되었다. 권과 최 등<sup>(10)</sup>에 의하면, 저온장시간살균유에 비하여 초고온 멸균유는 가용성 유청단백질이 약 67% 감소한다고 보고하였으며, 유청 단백질 중 IgG는 열에 대해 매우 민감한 것으로 알려져 있다<sup>(21)</sup>. 따라서, 본 연구에서 밝혀진 바와 같이 초유를 안정적으로 보존하기 위해서는 가능한 저온에서 단시간 살균처리하는 것이

**Table 2. Changes of immunoglobulin G concentration by five different pasteurization methods**

Condition	Protein recovery (%)	IgG (mg/ml)
Colostrum (1~5 days)	100	16.2 ± 0.41 <sup>1)</sup>
65°C/30min	79.5	16.8 ± 1.45
72°C/15sec	92.3	16.3 ± 0.27
85°C/10min	58.6	9.5 ± 0.22
100°C/10sec	87.4	15.1 ± 0.17
100°C/1min	62.5	14.6 ± 0.28

<sup>1)</sup> Each value is an average of 5 replicates ± standard deviation

**Table 3. IgG concentration of low temperature long time (LTLT) and ultra-high temperature pasteurization (UHT) market milk**

Heat treatment	Market milk	IgG (mg/ml)
Raw milk	Normal milk <sup>1)</sup>	0.73 ± 0.26 <sup>2)</sup>
LTLT	A (63~65°C/30min)	0.48 ± 0.22
	B (63°C/30min)	0.63 ± 0.17
	C (63°C/30min)	0.55 ± 0.14
UHT	D (135°C/2sec)	0.14 ± 0.07
	E (130°C/2sec)	0.18 ± 0.03
	F (130~135°C/2sec)	0.12 ± 0.03

<sup>1)</sup> from Table 1 (240hrs)

<sup>2)</sup> Each value is an average of 5 replicates ± standard deviation

가장 이상적일 것으로 생각한다.

각 회사에 따라 IgG의 함량이 상이한 것은 가공조건이나 원유의 품질이 다르기 때문이라 생각한다. 특히 원료유의 품질은 시유의 품질에 가장 큰 영향을 초래하며, 유성분은 사료 및 비유기에 따라 변화한다<sup>(23)</sup>, 계절적인 요인에 의해서도 초유의 조성성분은 상이하므로, 원료유의 성분차가 그대로 시유의 성분차로 나타나는 것을 방지할 수 있는 원유의 균일화, 또는 초유의 균일화가 이루어져야 할 것이라 생각한다<sup>(24,25)</sup>.

#### 건조방법에 따른 IgG의 변화

초유를 장기간 저장하는 수단의 하나로 분말화시키는 방법이 있으며, 건조 방법에 따른 IgG의 변화를 조사하기 위하여 동결건조기 및 분무건조기를 이용하여 초유를 건조하였다. 건조한 초유의 단백질 함량을 조사한 결과, 동결건조 초유는 약 17%, 분무건조 초유는 약 11%의 단백질이 변성하여 원심분리에 의해 침전한 것으로 나타났다(Table 4). 이는 건조에 의해 변성된 식품이 수분을 다시 첨가하더라도 완전히 환원되지 않는 것을 의미하며, 분무건조에 의해 생산된 분유의 경우도 단백질 등의 변성이 많이 발생하는 것으로 알려져 있다<sup>(21)</sup>. 이러한 유 성분의 완전 가용화는 유 성분의 이용측면에서도 매우 중요하다고 생각된다.

PBS에 용해한 각각의 건조 초유를 이용하여 IgG의 함량을 비교한 결과, 분무 건조한 초유

**Table 4. Changes of IgG concentration by spraying and freezing drying methods**

Condition	Protein recovery (%)	IgG (mg/g colostrum)
Colostrum	100	16.2 ± 0.41 <sup>1)</sup>
Spray drying	88.6	14.5 ± 0.47
Freezing drying	83.2	10.8 ± 0.29

<sup>1)</sup> Each value is an average of 5 replicates ± standard deviation

의 IgG 함량은 14.5mg/g이었으며, 동결 건조한 초유는 10.8mg/g이었다(Table 4). 건조하기 전의 IgG 함량을 기준으로 할 때 분무건조의 경우 약 90%, 동결건조에서는 약 66.7%의 IgG가 검출되었으며, 이는 건조에 따른 변성단백질의 양이 분무 건조한 것보다 동결 건조한 것이 심하였기 때문이라 생각된다(Table 4). 또한 동결 또는 동결건조과정 중에 IgG는 응집하는 경향이 있으며, 이는 PBS 또는 염을 첨가하여도 불용화 하는 경향을 보인다<sup>(26)</sup>. 그리고 이러한 응집현상에 의한 불용화는 동결건조에서 더욱 심하게 발생하며, 동결 건조한 IgG의 대부분은 적절한 용액을 이용하여 용해시키더라도 비가역적 응집현상을 나타내는 것으로 알려져 있다<sup>(26)</sup>. 본 연구에서 동결건조에 의한 IgG의 함량변화는 이러한 원인에 기인하는 것으로 생각되며, 동결 건조한 식품이 다공질 상태를 유지하여 표면적이 크더라도 일부 성분은 불용화할 수 있음을 나타낸다고 할 수 있을 것이다. 또한 동결건조와 분무건조의 수분 증발율도 상이하므로, 이러한 모든 요소를 충분히 고려하여 초유 중의 IgG를 안정적으로 보존하기 위한 방법을 설정하여야 할 것으로 생각된다.

#### 요 약

초유의 보존성을 증진시켜 초유내 Ig와 같은 유용성분을 안정하게 보존하고, Ig의 변성을 최소화하여 초유의 가치를 향상시켜 상품화 방안을 모색하기 위하여 초유 중에 함유된 IgG의 함량 변화 및 각종 처리에 의한 변화를 조사하였다. 그 결과, 초유의 IgG 함량은 정상유에 비

해 매우 높았으며, 특히 분만 후 12시간 이내의 초유내 IgG 함량은 44.67mg/ml 이상으로 정상유의 약 60배 이상이었다. IgG 함량은 시간이 경과함에 따라 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 가열조건에 따른 IgG의 함량 변화를 조사한 결과, 65°C/30min 가열처리한 경우, 72°C/15sec 가열한 것보다 IgG의 함량이 약간 높은 것으로 나타났다. 또한 100°C에서 10초나 1분간 가열할 경우, 85°C에서 10분간 가열하는 것보다 IgG의 변성은 적은 것으로 나타났다. 시유 중의 IgG 함량을 조사한 결과, LTLT에 의해 생산된 시유보다 UHT에 의해 생산된 시유가 더 많은 변성율을 나타내었다. 건조방법에 따른 초유 IgG의 함량(16.2mg/ml)변화를 조사한 결과, 분무 건조한 경우 변성 안된 초유의 IgG 함량은 14.5mg/g이었으며, 동결 건조한 변성 안된 초유의 IgG 함량은 10.8mg/g로 분무건조에 의한 단백질 변성보다 동결 건조한 것이 심한 것으로 나타났다.

### 참고문헌

- Ito, T. : Science of breast milk. *New Food Industry*, 33, 73 (1991).
- Hadorn, U., Hammon, H., Bruckmaier, R. M. and Blum, J. W. : Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and on gastrointestinal and metabolic hormones in neonatal calves. *J. Nutr.*, 127, 2011 (1997).
- Saarinen, K. M., Vaarala, O., Klemetti, P. and Savilahti, E. : Transforming growth factor-beta in mother's colostrum and immune responses to cow's milk proteins in infants with cow's milk allergy. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 104, 1093 (1999).
- Robbins, K., McCabe, S., Scheiner, T., Strasser, J., Clark, R. and Jardieu, P. : Immunological effects of insulin-like growth factor-I enhancement of immunoglobulin synthesis. *Clin. Exp. Immunol.*, 95, 337 (1994).
- Oyeniya, O. O. and Hunter, A. G. : Colostral constituents including immunoglobulins in the first three milking postpartum. *J. Dairy Sci.*, 61, 44 (1978).
- Muller, L. D. and Ellinger, D. K. : Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 64, 1727 (1981).
- Devery-Pocius, J. E. and Larson, B. L. : Age and previous lactations factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *J. Dairy Sci.*, 66, 221 (1983).
- Wilson, M. R. and Millar, R. : Changes in immunoglobulin G-2 levels with age in British cattle. *Res. Vet. Sci.*, 25, 82 (1978).
- 임종우, 지설하, 오대균, 강만석, 안병석 : 한우의 Immunoglobulin G 및 초유성분의 함량. *한국낙농학회지*, 13, 225 (1991).
- 권우혁, 최석호 : 열처리 방법과 저장온도에 의한 시유의 세균수, 저장가능기간 및 가용성 유청단백질의 변화. *한국낙농학회지*, 20, 133 (1998).
- 정충일, 배인휴, 강국희, 이재영 : 생유의 취급조건에 따른 세균수의 변화. *한국낙농학회지*, 6, 53 (1984).
- 강일수, 이진희, 이수원 : 국내 살균유의 품질비교에 관한 연구. *한국낙농학회지*, 17, 161 (1995).
- Coligan, J. E., Kruisbeek, A. M., Margulies, D. H., Shevach, E. M. and Strober, E. : Current protocols in immunology. 2. Antibody detection and preparation. Greene Publishing Association. New York, p. 2-0-1 (1994).
- Markwell, M. A. K., Suzanne, M. H., Bieber, L. L. and Tolbert, N. E. : A modification of the Lowry procedure to simplify protein determination in membrane and lipoprotein samples. *Analytical Biochem.*, 87, 206 (1978).
- Kiddy, C. A., McCann, C., Maxwell, C., Rock, C., Pierce, C., and Butler, J. E. : Changes in levels of immunoglobulin in serum and other body fluid immediate before and after parturition. *J. Dairy Sci.*, 54, 1325 (1971).
- Larson, B. L. : Immunoglobulins of the

- mammary secretions. In *Advances dairy chemistry*, 2th ed. Vol. 1. Protein. Elsevier Science Publishers, London, p 231 (1992).
17. Butler, J. E., Kiddy, C. A., Pierce, C. S. and Rock, C. A. : Quantitative changes associated with calving in the levels of bovine immunoglobulins in selected body fluids. I. Changes in the levels of IgA, IgG and total protein. *Can. J. Comp. Med.*, 36, 234 (1975).
  18. Fleet, I. R., Goode, J. A., Hamon, M. A., Laurie, M. S., Linzell, J. L. and Peaker, M. : Secretory activity of goat mammary glands during pregnancy and the onset of lactation. *J. Physiol.*, 251, 763 (1975).
  19. Sawyer, M. H. and Coulter, S. T. : Role of sulfhydryl groups in the interaction of  $\kappa$ -casein and  $\beta$ -lactoglobulin. *J. Dairy Sci.*, 46, 564 (1963).
  20. 인영민, 정석근, 함준상, 최재춘, 이수원 : 열처리에 따른 우유의 단백질 변성과 관능적인 특성에 관한 연구. *한국낙농학회지*, 21, 59 (1999).
  21. 김현옥, 권일경, 박승용, 안종건, 윤영호, 이수원 : 낙농화학, 제2장 우유의 단백질, 선진문화사, p.106~108 (1998).
  22. Meylan, M., Rings, D. M., Shulaw, W. P., Kowalski, J. J., Bech-Nielsen, S. and Hoffsis, G. F. : Survival of mycobacterium paratuberculosis and preservation of immunoglobulin G in bovine colostrum under experimental conditions simulating pasturization. *Am. J. Vet. Res.*, 57, 1580 (1996).
  23. Miller, R. H. and Hooven, N. W. : Factors affecting whole- and part-lactation milk yield and fat percentage in herd of Holstein cattle. *J. Dairy Sci.*, 52, 1588 (1969).
  24. Lee, A. J. and Hickman, C. G. : Effectiveness of an age herb-level adjustment procedure for milk and fat yield. *J. Dairy Sci.*, 53, 913 (1970).
  25. Miller, P. D., Lentz, W. E. and Henderson, C. R. : Joint influence of month and age of calving on milk yield of Holstein cows in the northeastern United States. *J. Dairy Sci.*, 53, 351 (1970).
  26. Sarciaux, J. M., Mansour, S., Hageman M. J. and Nail, S. L. : Effects of buffer composition and processing conditions on aggregation of bovine IgG during freeze-drying. *J. Pharm. Sci.*, 88, 1354 (1999).

---

(2001년 7월 25일 접수)