

## 우유의 열처리 정도가 흰쥐의 성장, 단백질 및 칼슘 대사에 미치는 영향

이 정 아 · 임 현 숙  
전남대학교 식품영양학과

### Effects of Milks by various Heat Treatment on Growth and Protein and Calcium Metabolism of Rats

Lee, Jeong A · Lim, Hyeon Sook  
Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju, Korea

#### ABSTRACT

This study investigates the supplementing effects of milks by various heat treatment on growth performance and protein and calcium metabolism of rats. For 4 weeks, raw, LTLT-, HTST- and UHT-processed milks were given to rats which fed on a calcium free, semi-synthetic diet containing 5% casein. There were no significant differences among the experimental groups in weight gain, feed efficiency ratio and the serum level of total protein and calcium. Also, no significant differences were showed in protein efficiency, nitrogen balance, apparent protein digestibility and the contents of weight and calcium of the left femur as well as 2 incisors. However, the biological value of protein in the UHT-milk group was significantly higher than that of the raw-milk group. The apparent calcium digestibility and calcium balance in the UHT-milk group were higher than those in the raw-, LTLT- and HTST-milk groups. The weight of left femur in all the groups supplemented with various heat-treated milks was significantly higher than that of the raw-milk group. These results indicate that heat treatment does not impair the nutritive value of protein and calcium in milk. Furthermore, UHT-processing may improve the bioavailability of protein and calcium in milk.

KEY WORDS : heat treatment · growth · protein · calcium.

#### 서 론

우유는 단백질과 칼슘의 좋은 급원 식품으로써 성장기 어린이 뿐만 아니라 성인과 노인에게도 권장되는 식품이다. 특히 유아에게는 성장에 필요한 영양을 공급해주는 완전식품으로써의 의미가 크다. 원유는

음용을 위해 반드시 병원성 미생물의 사멸과 유해효소를 불활성화시키는 가열 살균과정을 필요로 한다. 그런데 가열 살균과정에서 우유의 주요 영양소인 단백질과 칼슘에 이화학적 변화가 일어나고 비타민과 색소가 파괴되는 등 영양 성분의 손실이 함께 야기된다. 유청단백질 특히  $\beta$ -lactoglobulin은 60°C 이상에서 변성되기 시작하며 가열 온도가 높아질수록  $\kappa$ -

casein 또는  $\alpha$ -lactoalbumin과 함께 복합체를 형성한다<sup>1)</sup>. 또한 열처리시 Maillard reaction이 일어나거나 lysinoalanine이라는 복합체가 형성되어 유효성 lysine 함량이 감소된다<sup>2-8)</sup>. 또한 유청내 용해성 칼슘이 인산 또는 변성된 단백질과 결합하여 casein micelles 안으로 이동하면서 콜로이드상 칼슘으로 전변(conversion) 되므로 한외여과성 칼슘(calcium ions in milk ultrafiltrates) 함량이 감소된다<sup>6-13)</sup>. 단백질과 칼슘이외에 비타민 B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, 엽산 및 비타민 C의 일부가 열처리에 의해 손실되는 것으로 알려져 있으며 기타 유당의 이성체화, 휘발성 휘화합물의 생성에 의한 가열취 발생 등의 문제도 지적되었다<sup>2)7)8)</sup>. 이상과 같은 변화의 내용과 정도는 가열 온도와 시간에 따라 상이한 것으로 알려져 있다.

한편 이러한 이화학적 변화가 우유의 영양가에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 생체내 또는 생체외의 다양한 실험들이 수행되었다. 그런데 이에는 열처리에 의한 일부 우유 성분의 변화는 우유의 영양가에 아무런 영향을 끼치지 않거나 오히려 바람직한 효과를 나타낸다는 내용과<sup>14-20)23-28)</sup>, 이와는 반대로 열처리는 우유의 영양가를 저하시킨다는 내용<sup>21)22)</sup>으로 크게 구별되며 아직도 논쟁 중에 있다.

최근 우리나라에서는 우유의 열처리 조건이 우유의 영양가에 끼치는 효과에 대한 논쟁이 분분하며 열처리 조건이 다른 우유제품의 장단점에 대하여 많은 관심이 일고 있다. 그러나 우리나라의 경우 열처리에 따른 우유의 성분 변화<sup>29-31)</sup> 및 저장 중의 이화학적 변화<sup>32)</sup> 등에 관한 몇편의 문헌이 보고되었을 뿐 영양가에 미치는 영향에 관한 연구는 전무한 실정에 있어 이에 대한 연구가 요망되어 왔다.

이에 본 실험에서는 생유(raw milk, R)와 동 원유를 실험실에서 63°C에서 30분간 열처리한 우유[low temperature long time(LTLT)-L milk], 75°C에서 15초간 열처리한 우유[high temperature short time(HTST)-L milk] 및 시판되고 있는 것 중에서 각기 다른 열처리 조건을 가지고 있는 3종의 우유 즉 LTLT-M(63°C, 30분), HTST-M(75°C, 15초) 및 UHT-M(ultra high temperature, 135°C, 2초)우유 등 6종의 우유를 5%의 casein을 함유하며, Ca이 제거된 식이를 섭취하는 흰 쥐에 4주간 보충 급여하여 성장에 미치는 영향 및

단백질 대사와 칼슘 대사의 내용을 고찰하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 사양

체중이 50~70g 정도인 Sprague-Dawley 계 숫쥐 42마리를 카톨릭 의대에서 구입하여 체중이 고르게 분포되도록 6마리씩 7개 실험군으로 나누었고 철재로 된 사육상자에 2마리씩 넣어 온도 24±2°C 및 일정한 명암주기(8:00~20:00)의 조건 하에서 4주간 사육하였다.

### 2. 실험식이 및 우유

실험식은 우유의 보충 급여로 인한 단백질과 칼슘 섭취의 효과를 최대한 나타내기 위해 5% casein, Ca free semi-synthetic diet(Table 1)를 모든 실험군에 4주간 자유 급식시켰으며, 대조군은 물을 자유롭게 섭취하도록 한 반면 기타 실험군은 8:00부터 20:00까지는 우유를 섭취토록 하였고 20:00부터 익일 8:00까지는 물을 급여하였다. 사육실의 환경조건에서

Table 1. Formula of experimental diet

Ingredient	Composition(%)
Corn-Starch	30.0
Sucrose	50.0
Soybean-oil	5.0
Casein, milk	5.0
$\alpha$ -Cellulose	5.0
Mineral-mix <sup>1)</sup>	3.5
Vitamin-mix <sup>2)</sup>	1.0
Methionine	0.3
Choline	0.2

1) Mineral-mixture composition(%) : NaCl 7.4, K citrate · H<sub>2</sub>O 22.0, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5.2, MgO 2.4, ZnCO<sub>3</sub> 0.16, CuCO<sub>3</sub> 0.03, Manganese CO<sub>3</sub> 0.35, Ferric citrate 0.6, KIO<sub>3</sub> 0.001, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 5H<sub>2</sub>O 0.001, CrK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12H<sub>2</sub>O 0.055, Sucrose, finely powdered 61.8.

2) 1,000g of vitamin-mixture contained the following : Thiamine HCl 600mg, Riboflavin 600mg, Pyridoxine HCl 700mg, Niacin 3g, Ca-pantothenate 1.6g, Folic acid 200mg, Biotin 20mg, Vitamin B<sub>12</sub> 1mg, Vitamin A 400,000 IU, Vitamin E 5,000 IU, Vitamin D<sub>3</sub> 2.5mg, Vitamin K 5.0mg, Sucrose, finely powdered to make 1,000g.

우유의 부패가 염려되어 실험군마다 각각의 우유를 3시간 마다 갈아주었다.

원유는 전남대학교 농과대학 부속 동물사육장의 Holstein 종에서 착유한 것으로 생유균에는 원유를 그대로 급여하였고, 이 원유를 63°C에서 30분간, 75°C에서 15초간 실험실에서 열처리하여 각각 LTLT-L군과 HTST-L군에 급여하였다. 한편 시판되고 있는 우유 중 LTLT, HTST 및 UHT 처리 우유를 각 1종씩 선택하여 각각 LTLT-M군, HTST-M군 및 UHT-M군에 급여하였다.

### 3. 시료의 채취

분은 carmine을 지시물질로 사용하여 실험 종료일 전 72시간 동안 배설된 분을 채취하였으며 이 기간 동안 배설된 뇨도 채취하였다. 분은 105°C에서 항량까지 건조시킨 후 무게를 달고 막자로 분쇄하여 분석 시까지 냉동 보관하였다. 뇨는 1ml의 0.5 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 함유된 유리병에 채취하였으며 72시간 후 총용량을 측정하고 분석 시까지 냉동 보관하였다.

실험 종료일에 12~16시간 절식시킨 상태에서 ether로 마취시킨 후 심장천자법으로 채혈하여 혈색소 농도와 적혈구 용적비를 구하였으며 나머지 혈액은 1000xg에서 10분간 원심분리하여 혈청을 얻었고 4°C에 냉장하여 즉시 혈청 단백질과 칼슘 농도의 분석에 이용하였다.

좌측 대퇴골과 2개의 절치는 채혈 후 채취하였으며 곧 바로 생리식염수에 담가 부착된 조직을 제거한 후 시험지 상에서 수분을 제거하고 무게를 측정한 후 은박지에 포장하여 냉장 보관하였다.

### 4. 분석방법

적혈구 용적비는 microhematocrit법<sup>33)</sup>, 혈색소 농도는 cyanmethemoglobin법<sup>33)</sup>, 혈청 총단백질 농도는 Biuret법<sup>33)</sup> 및 혈청 칼슘 농도는 orthocresolphthalein complexone(OCPC)법<sup>34)</sup>에 따라 분석하였다.

분의 단백질 농도는 microKjedahl법<sup>35)</sup>으로 분석하였으며 질소계수 6.25를 사용하였다. 뇨의 단백질 농도는 Lowry법<sup>36)</sup>으로 구하였고 분, 뇨, 절치 및 대퇴골의 칼슘 함량은 560°C 회화로에서 건식회화시킨 후 Chloranilate법<sup>37-39)</sup>으로 측정하였다.

### 5. 통계처리

각 항목 별 실험 성적은 실험군별로 평균과 표준오차를 구하였으며, 실험군 간의 평균의 유의성은 분산분석(ANOVA)을 한 후 Duncan법으로, 실험 항목 간의 상관관계는 Pearson의 상관계수로 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 증체량, 식이 섭취량 및 식이효율

열처리 정도가 다른 우유의 보충 급여가 흰쥐의 증체량과 식이효율에 미친 효과는 Table 2와 같았다. 실험 개시 체중은 실험군 간에 유의차가 없었으나 실험 종료 시 체중은 대조군에 비해 우유보충군들이 유의성 있게 높았다. 그러나 우유보충군 사이에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 우유보충군들의 경우 대조군에 비해 1일 식이 섭취량이 유의성 있게 높았으며 또한 우유의 보충급여로 인해 식이효율이

**Table 2.** Effects of milks by various heat treatment on weight gain and feed efficiency ratio of rats

Exptd group (N)	Initial BW (g)	Final BW (g)	Weight gain (g/day)	Diet intake (g/day)	Milk intake (ml/day)	FER (gain/feed)
Raw (6)	61.7± 3.6 <sup>a1)</sup>	110.5± 7.2 <sup>a</sup>	2.0± 0.3 <sup>a</sup>	7.1± 0.6 <sup>a</sup>	9.8± 1.6 <sup>a</sup>	0.23± 0.01 <sup>a</sup>
LTLT L (6)	61.8± 3.4 <sup>a</sup>	111.5± 7.8 <sup>a</sup>	2.0± 0.2 <sup>a</sup>	7.1± 0.3 <sup>a</sup>	9.7± 0.3 <sup>a</sup>	0.23± 0.01 <sup>a</sup>
M(6)	62.2± 3.2 <sup>a</sup>	108.5± 11.4 <sup>a</sup>	1.9± 0.4 <sup>a</sup>	6.8± 1.4 <sup>a</sup>	9.4± 0.5 <sup>a</sup>	0.23± 0.01 <sup>a</sup>
HTST L (6)	61.8± 3.2 <sup>a</sup>	115.0± 6.5 <sup>a</sup>	2.2± 0.2 <sup>a</sup>	7.1± 1.4 <sup>a</sup>	11.0± 0.4 <sup>a</sup>	0.26± 0.01 <sup>a</sup>
M(6)	62.0± 3.2 <sup>a</sup>	112.5± 5.7 <sup>a</sup>	2.0± 0.2 <sup>a</sup>	7.2± 0.7 <sup>a</sup>	9.7± 0.4 <sup>a</sup>	0.24± 0.01 <sup>a</sup>
UHT M(6)	61.8± 3.0 <sup>a</sup>	111.8± 8.4 <sup>a</sup>	2.0± 0.3 <sup>a</sup>	6.9± 0.4 <sup>a</sup>	10.9± 1.5 <sup>a</sup>	0.24± 0.01 <sup>a</sup>
Control (6)	61.7± 2.9 <sup>a</sup>	79.0± 5.6 <sup>b</sup>	0.7± 0.2 <sup>b</sup>	6.3± 0.9 <sup>b</sup>	0.0± 0.0 <sup>b</sup>	0.11± 0.01 <sup>b</sup>

1) Values are mean± standard error for six rats.

Abbreviations : BW=body weight, FER=feed efficiency ratio.

Values on the same column bearing different superscripts are significantly different(p<0.05).

높았고 따라서 1일 증체량도 많았기 때문이었다. 그러나 우유보충군 사이에서는 이들 모든 항목에서 유의한 차이를 나타내지 않았다.

이러한 결과는 Wilson과 Maiser<sup>14)</sup>이 생쥐에게 7주부터 19주까지 생유와 살균유를 급여한 실험에서 증체량에 차이가 없었다고 보고한 내용과 이후 흰쥐<sup>15)</sup>, 고양<sup>16)</sup> 또는 돼지<sup>17)</sup>를 이용한 실험에서도 성장, 조직의 조성, 생식력 또는 단백질 결핍의 회복 효과 등에 있어 생유, 살균유, 멸균유 사이에 유의한 차이가 없었다는 보고와 일치된다.

**2. 혈색소 농도, 적혈구 용적비, 혈청 단백질 농도 및 혈청 칼슘 농도**

열처리 조건이 다른 우유의 보충 급여가 흰쥐의 혈색소 농도, 적혈구 용적비, 혈청 단백질 농도 및 혈청 칼슘 농도에 끼친 효과는 Table 3과 같았다. 모든 우유보충군과 대조군의 혈색소 농도, 적혈구 용적비, 혈청 단백질 농도 및 혈청 칼슘 농도는 모두 정상 범위이었고 모든 실험군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다.

**3. 단백질 대사**

열처리 조건이 다른 우유의 보충 급여가 흰쥐의 단백질 대사에 끼친 영향은 Table 4와 같았다. 식이를 통한 1일 질소 섭취량은 대조군에 비해 식이 섭취량이 많았던 우유보충군들이 유의성있게 많았다. 그러나 우유보충군 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 우유보충군들의 우유를 통한 1일 질소 섭취량도 역시 우유보충군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. 단백질 효율, 1일 분중 질소 배설량과 질소 평형은

모두 대조군에 비해 우유보충군들이 유의하게 높았으며, 우유보충군 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 반면에 외견상 단백질 소화율, 1일 뇨중 질소 배설량 및 생물가는 보충군 간에 약간의 차이를 나타내었다. 즉 외견상 단백질 소화율은 R, HTST-L 및 UHT-M군만이 대조군에 비해 유의하게 높았으며 1일 뇨중 질소 배설량은 HTST-L군만이 대조군에 비해 유의하게 높았다. 그러나 두 항목 모두 우유보충군 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 한편 생물가는 UHT-M군이 대조군에 비하여 유의하게 높았으며, 우유보충군 사이에서도 유의한 차이를 나타내었는데 UHT-M군이 R군에 비하여 높았다. 이러한 실험 결과는 흰쥐에 있어서 '초고온에서 열처리된 우유의 단백질 이용성이 생유보다 높았음을 확인하여 주었으며, UHT-M군이 기타 살균처리유(LTLT 및 HTST)에 비해 PER, APD, NB 및 BV 값이 유의하게 높지는 않았으나 나쁘지 않았다는 점을 알려주고 있다. 이러한 내용은 Meisel과 Hagemester<sup>18)</sup>가 UHT 처리유는 부드러운 응유물을 형성하는 살균처리유(LTLT 및 HTST 처리)에 비하여 위배출시간을 저하시키며 위내의 산도와 pepsin의 활성도를 증가시키므로 결과적으로 단백질 분해율이 증가된다고 한 점 및 Kaufmann<sup>20)</sup>이 혈중 아미노산 농도와 요소 농도의 상승이 살균처리유에 비하여 UHT 우유가 높았다고 보고하면서 초고온에서 열처리된 우유의 단백질은 가수분해를 뿐만 아니라 흡수율도 빠르다고 주장한 점과 부합된다고 생각된다.

증체량과 단백질 대사와의 상관관계는 Table 5와 같았다. 증체량은 NB, PER 및 APD와 유의한 양의

**Table 3.** Effects of milks by various heat treatment on hemoglobin, hematocrit and serum protein and calcium levels of rats

Exptl group (N)	Hemoglobin (g/dl)	Hematocrit (%)	Serum protein (g/dl)	Serum calcium (mg/dl)
Raw (6)	11.5±0.5 <sup>1)</sup>	45.9±1.9	7.0±0.2	6.22±0.82
LTLT L (6)	12.0±0.6	47.5±2.1	7.3±0.3	8.11±0.15
M(6)	10.8±0.4	46.1±1.6	7.3±0.4	7.18±1.39
HTST L (6)	11.2±0.4	47.4±1.1	7.2±0.2	6.59±0.79
M(6)	10.7±0.5	44.3±3.3	7.1±0.1	7.30±0.57
UHT M(6)	11.7±0.4	44.6±1.6	7.1±0.4	5.50±1.08
Control (6)	11.0±0.5	44.5±1.9	7.1±0.4	5.42±0.33

1) Values are mean± standard error for six rats. Means between groups are not significantly different(p<0.05).

Table 4. Effects of milks by various heat treatment on protein metabolism of rats

Exptd group (N)	Nitrogen intake(mg/day)		Fecal N (mg/day)	APD (%)	Urinary N (mg/day)	NB (mg/day)	BV (%)
	from diet	from milk					
Raw (6)	61.8 ± 2.7 <sup>a1</sup>	53.1 ± 4.4 <sup>a</sup>	18.4 ± 0.6 <sup>a</sup>	84.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	8.0 ± 1.2 <sup>ab</sup>	85.3 ± 3.7 <sup>a</sup>	88.4 ± 2.1 <sup>b</sup>
LTLT L (6)	62.1 ± 1.6 <sup>a</sup>	52.3 ± 0.8 <sup>a</sup>	20.5 ± 1.0 <sup>a</sup>	82.7 ± 1.4 <sup>ab</sup>	7.9 ± 0.8 <sup>ab</sup>	87.0 ± 1.9 <sup>a</sup>	92.7 ± 0.6 <sup>ab</sup>
M(6)	59.2 ± 5.9 <sup>a</sup>	51.3 ± 1.5 <sup>a</sup>	17.9 ± 1.2 <sup>a</sup>	83.7 ± 0.9 <sup>ab</sup>	8.3 ± 0.6 <sup>ab</sup>	84.4 ± 5.9 <sup>a</sup>	91.0 ± 0.6 <sup>ab</sup>
HTST L (6)	61.8 ± 6.1 <sup>a</sup>	59.2 ± 2.1 <sup>a</sup>	17.4 ± 1.9 <sup>a</sup>	86.1 ± 1.3 <sup>a</sup>	8.9 ± 1.0 <sup>a</sup>	94.6 ± 4.3 <sup>a</sup>	91.3 ± 1.1 <sup>ab</sup>
M(6)	63.0 ± 2.9 <sup>a</sup>	51.9 ± 2.0 <sup>a</sup>	17.7 ± 1.4 <sup>a</sup>	84.5 ± 1.3 <sup>a</sup>	8.2 ± 1.3 <sup>ab</sup>	89.1 ± 1.7 <sup>a</sup>	91.8 ± 1.0 <sup>ab</sup>
UHT M(6)	60.6 ± 1.8 <sup>a</sup>	57.4 ± 3.9 <sup>a</sup>	17.6 ± 1.6 <sup>a</sup>	84.5 ± 2.1 <sup>a</sup>	6.2 ± 0.4 <sup>ab</sup>	94.3 ± 5.0 <sup>a</sup>	93.0 ± 0.6 <sup>a</sup>
Control (6)	54.9 ± 4.0 <sup>b</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	11.2 ± 0.5 <sup>b</sup>	78.9 ± 2.1 <sup>b</sup>	4.6 ± 0.2 <sup>b</sup>	39.1 ± 4.2 <sup>b</sup>	88.9 ± 1.1 <sup>b</sup>

1) Values are mean ± standard error for six rats.

Abbreviations : PER = protein efficiency ratio, NB = nitrogen balance, BV = biological value, APD = apparent protein digestibility  
Values on the same column bearing different superscripts are significantly different (p < 0.05).

상관을 보였으며, NB는 PER 및 APD와, BV는 PER과, PER은 APD와 유의한 양의 상관을 나타내었다.

#### 4. 칼슘 대사

열처리 조건이 다른 우유의 보충 급여가 흰쥐의 칼슘 대사에 미친 효과는 Table 6, 7과 같았다. 우유 보충군들의 1일 칼슘 섭취량은 실험군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 1일 분중 칼슘 배설량은 우유의 열처리 정도에 따른 차이를 나타내었는데 UHT-M군이 가장 적었으며 LTLT-M군 및 HTST-L군과는 유의한 차이를 보였다. 따라서 외견상 칼슘 소화율(apparent calcium digestibility; ACD)도 UHT-M군이 가장 높았으며 생유군, HTST-L군 및 HTST-M군과는 유의한 차이를 보였다. 칼슘 평형(calcium balance; CB)도 UHT-M군이 가장 높아 HTST-L군을 제외한 모든 우유보충군에 비하여 유의하게 높았다. 본 실험 결과 전 우유보충군에서 ACD가 높게 나타난 점은 칼슘의 섭취 수준이 낮았기 때문이라 생각된다. Weeks와 King<sup>23)</sup>은 우유만을 칼슘 급원 식품으로 흰쥐에 급여한 실험에서 저칼슘 식이의 경우 99.55~100.26%의 흡수율을 보였으며, 고칼슘 식이의 경우 84.52~87.51%의 흡수율을 보였다고 하였다. 이들이 고찰한 바 우유는 상당히 높은 칼슘 급원 식품으로써 칼슘의 수송 기전에 포화 현상을 나타내지 않았다는 점과 용해상으로 존재하던 칼슘이 열처리 과정에서 casein micelles내로 이동하여 한외여과성 칼슘 함량이 감소되는 것<sup>21)</sup>은 사실이나 콜로이드상 칼슘이 위내의 산도 조건에서 다시 유리되어 흡수되므로 그 이용율에 영향을 끼치지 않는다는 이론을 생각할 때 UHT-M군이 유의하게 높은 ACD와 CB를 나타낸 점이 이해된다. 좌측 대퇴골의 무게도 우유의 열처리 정도에 따른 차이를 보였는데 UHT-M군, HTST-L군 및 HTST-M군이 생유군과 LTLT-L군에 비하여 유의하게 무거웠다. 즉 좌측 대퇴골의 무게가 대체로 생유군에 비하여 열처리 우유 보충군이 높게 나타난 점은 칼슘의 이용을 뿐만 아니라 단백질 이용율의 향상과도 관련되는 것으로 보인다. 그러나 좌측 대퇴골의 칼슘 함량은 우유보충군들 사이에 유의한 차이를 보이지 않았으며 다만 대조군에 비해 모든 우유보충군이 유의하게 높았다. 절치의 무게는 모든 우유보충군과 대조군 간에 유의한 차이를 보이지

**Table 5.** Pearson's correlation coefficients among the parameters of protein metabolism of rats

	Wt. gain	NB	BV	PER	APD
Wt. gain		0.7027**	0.1325	0.7027**	0.4944**
NB			0.1588	0.7939**	0.7272**
BV				0.3685*	-0.0262
PER					0.6572**
APD					

Abbreviations : NB=nitrogen balance, BV=biological value, PER=protein efficiency ratio, APD=apparent protein digestibility \*p<0.05, \*\*p<0.001

**Table 6.** Effects of milks by various heat treatment on calcium metabolism of rats

Exptl group (N)	Calcium intake (mg/day)	Fecal Calcium (mg/day)	Apparent Ca-digest (%)	Urinary Calcium (mg/day)	Calcium Balance (mg/day)
Raw (6)	11.55±0.96 <sup>a1)</sup>	1.36±0.24 <sup>ab</sup>	91.21±1.49 <sup>b</sup>	0.39±0.03 <sup>a</sup>	9.81±0.72 <sup>b</sup>
LTLT L (6)	11.43±0.18 <sup>a</sup>	1.15±0.13 <sup>ab</sup>	92.33±1.11 <sup>ab</sup>	0.27±0.06 <sup>ab</sup>	10.01±0.22 <sup>b</sup>
M(6)	11.12±0.32 <sup>a</sup>	1.04±0.07 <sup>a</sup>	93.00±0.76 <sup>ab</sup>	0.29±0.08 <sup>ab</sup>	9.91±0.65 <sup>b</sup>
HTST L (6)	13.01±0.69 <sup>a</sup>	1.40±0.01 <sup>a</sup>	91.26±0.42 <sup>b</sup>	0.33±0.06 <sup>ab</sup>	11.29±0.44 <sup>ab</sup>
M(6)	11.43±0.43 <sup>a</sup>	0.96±0.25 <sup>ab</sup>	91.06±1.19 <sup>b</sup>	0.28±0.06 <sup>ab</sup>	10.17±0.03 <sup>b</sup>
UHT M(6)	12.83±0.88 <sup>a</sup>	0.88±0.01 <sup>b</sup>	95.07±0.39 <sup>a</sup>	0.14±0.01 <sup>b</sup>	11.82±0.87 <sup>a</sup>
Control (6)	0.00±0.00 <sup>b</sup>	0.27±0.05 <sup>c</sup>		0.02±0.00 <sup>c</sup>	-0.29±0.04 <sup>c</sup>

1) Values are mean±standard error for six rats.

Values on the same column bearing different superscripts are significantly different(p<0.05).

**Table 7.** Effects of milks by various heat treatment on the weight and calcium concentration of the left femur and the 2 incisor teeth of rats

Expt l group (N)	Left femur(mg)		2 Incisor teeth(mg)	
	Fresh wt	Ca content	Fresh wt	Ca content
Raw (6)	177.6±7.0 <sup>b1)</sup>	5.35±0.07 <sup>a</sup>	85.6±2.9 <sup>b</sup>	5.41±0.07 <sup>a</sup>
LTLT L (6)	179.9±9.8 <sup>ab</sup>	5.32±0.11 <sup>a</sup>	85.7±1.9 <sup>b</sup>	5.54±0.10 <sup>a</sup>
M(6)	176.8±14.3 <sup>b</sup>	5.24±0.11 <sup>a</sup>	86.1±1.4 <sup>b</sup>	5.43±0.11 <sup>a</sup>
HTST L (6)	225.5±8.2 <sup>a</sup>	5.35±0.09 <sup>a</sup>	92.2±1.8 <sup>a</sup>	5.59±0.12 <sup>a</sup>
M(6)	216.6±8.7 <sup>a</sup>	5.39±0.06 <sup>a</sup>	87.4±1.6 <sup>ab</sup>	5.32±0.14 <sup>ab</sup>
UHT M(6)	236.1±20.9 <sup>a</sup>	5.67±0.15 <sup>a</sup>	91.2±1.5 <sup>ab</sup>	5.53±0.09 <sup>a</sup>
Control (6)	176.5±13.1 <sup>b</sup>	4.64±0.24 <sup>b</sup>	89.0±4.3 <sup>ab</sup>	5.23±0.08 <sup>b</sup>

1) Values are mean±standard error for six rats.

Values on the same column bearing different superscripts are significantly different(p<0.05).

**Table 8.** Pearson's correlation coefficients among the parameters of calcium metabolism of rats

	Wt gain	Serum Ca	Femur Ca	Teeth Ca	Ca intake	CB
Wt gain		-0.0386	0.7082**	0.1956	0.3947*	0.6095**
Serum Ca			-0.0880	-0.1401	0.2331	0.1479
Femur Ca				0.0149	0.6672**	0.6321**
Teeth Ca					0.0830	0.0477
Ca intake						0.9730**
CB						

Abbreviations : CB=calcium balance \*p<0.05 \*\*p<0.001

않았으나 절치의 칼슘 함량은 HTST-M군을 제외한 모든 우유보충군이 대조군에 비하여 유의하게 높았다. 그러나 전반적으로 우유보충 효과를 얻기 위해서 실시한 5% 단백질, 무칼슘식이 등의 엄격한 식이처방으로 식이 섭취량이 예비실험에 비해 다소 감소한 것과 24시간동안 지속적으로 우유를 보충하지 못한 점이 있어 우유 열처리 효과를 뚜렷하게 밝히지 못한 점이 아쉽다. 또한 이로 인해 대퇴골의 칼슘 함량이 타문헌과 비교해서 낮게 나타난 것이 아닌가 사료된다. 증체량과 칼슘 대사와의 상관관계는 Table 8과 같았다. 증체량은 칼슘 섭취량, CB 및 좌측 대퇴골 칼슘 함량과 고도의 유의한 정상관을 보였으며, 좌측 대퇴골 칼슘 함량은 칼슘 섭취량 및 CB와, 칼슘 섭취량은 CB와 유의성있는 정상관을 나타내었다.

## 결 론

이상의 연구 결과는 우유의 열처리 정도는 흰쥐의 증체량, 식이효율, 혈청 총단백질 농도, 혈청 칼슘 농도, 단백질효율, 질소평형, 외견상 단백질소화율, 좌측 대퇴골 칼슘 함량, 절치의 무게 및 절치의 칼슘 함량에 유의한 차이를 나타내지 않았음을 보여 주었다. 그러나 단백질의 생물가는 초고온열처리유 섭취군이 생유 섭취군에 비하여 유의하게 높았으며, 외견적 칼슘 소화율과 칼슘 평형은 초고온열처리유 섭취군이 생유, 저온유지살균유 및 고온유지살균유 섭취군들에 비하여 유의하게 높은 경향을 보였고 좌측 대퇴골 무게는 초고온열처리유, 고온순간살균유 및 저온유지살균유 섭취군들이 생유 섭취군에 비하여 유의하게 높은 경향을 보였다.

이와 같은 실험 결과는 우유의 단백질과 칼슘의 영양가는 열처리로 인하여 저하되지 않으며 오히려 단백질과 칼슘의 이용율이 향상될 수 있다는 점을 시사하여 주었다.

## Literature cited

1) Zittle CA, Thompson MP, Custer JH, Cerbulis J. K-casein-beta-lactoglobulin interaction in solution when heated. *J Dairy Sci* 45 : 807-810, 1962  
 2) Renner E. Nutritional value of UHT milk. *한국유*

*가공연구* 6 : 87-105, 1989  
 3) 이석래. 열처리한 우유중 질소화합물의 변화. 전남대학교 석사학위논문, 1991  
 4) Nakanishi T. Changes and keeping quality of cow's milk by various heat treatment. *Japanese J Dairy Food Sci* 30 : 75-87, 1983  
 5) Creamer LK, Mateson AR. Effect of heat treatment on the proteins of pasteurized skim milk. *New Zealand J Dairy Sci Technol* 15 : 37-40, 1980  
 6) 김영찬. 가열에 의한 유단백질과 칼슘의 성분 변화. *한국유가공연구* 3 : 56-61, 1983  
 7) 伊藤敏敏. 우유의 단백질 및 칼슘에 대한 가열의 영향. *한국유가공연구* 6 : 106-114, 1989  
 8) Burton H. Reviews of the progress of dairy science : The bacteriological, chemical, biochemical and physical changes that occur in milk at temperatures of 100-150°C. *J Dairy Res* 51 : 341-363, 1984  
 9) Muldoon PJ, Liska BJ. Effects of heat treatment and subsequent storage on the concentration of ionized calcium in skim milk. *J Dairy Sci* 55 : 35-38, 1970  
 10) Baker JM, Gehrke CW, Affsprung HE. A study of the effect of heat upon ionic availability in milk. *J Dairy Sci* 37 : 643-650, 1954  
 11) Demott BJ. Ionic calcium in milk and whey. *J Dairy Sci* 51 : 1008-1016, 1968  
 12) Demott BJ. Calcium ion concentration in milk, whey and  $\beta$ -lactoglobulin as influenced by ionic strength, added calcium, rennet concentration and heat. *J Dairy Sci* 52 : 1672-1678, 1969  
 13) Tessier H, Rose D. Calcium ion concentration in milk. *J Dairy Sci* 41 : 351-357, 1958  
 14) Wilson GS, Maier I. The Nutritive value of raw and pasteurized milk for mice. *J Dairy Res* 8 : 203-217, 1937  
 15) Bartlett S, Henry KM, Kon SK. The problem of variations in the growth-promoting value of milk for rats. *J Dairy Res* 11 : 22-36, 1940  
 16) Bixby JN, Bosch AJ, Elvehjem CA, Swanson AM. Factors affecting the nutritive value of cow's milk. *J Agr Food Chem* 2 : 978-982, 1954  
 17) De Groot AP, Engel C. The effect of commercial sterilization on the nutritive value of milk as determined in experiments with rats and baby pigs. *J Dairy Res* 23 : 257-268, 1956

- 18) Meisel H, Hagemeister H. Zum Einfluss unterschiedlicher technologischer Behandlung von Milch auf die Verdauungsvorgaenge im Magen. II. Magenpassage verschiedener Milchinhaltsstoffe. *Milchwiss* 39 : 262-266, 1984
- 19) Timmen H, Precht D. Zum Einfluss unterschiedlicher technologischer Behandlung von Milch auf die Verdauungsvorgaenge im Magen. V. Lipolysis im Magen. *Milchwiss* 39 : 276-280, 1984
- 20) Kaufmann W. Zum Einfluss unterschiedlicher technologischer Behandlung von Milch auf die verdauungsvorgaenge im Magen. VI. Messungen von Aminosaeure-und Harnstoffgehalten im Blut ; Schlussfolgerungen zur ernahrungs physiologischen Bewertung. *Milchwiss* 39 : 281-284, 1984
- 21) Shillam KWG, Dawson OA, Roy JHB. The effect of heat treatment on the nutritive value of milk for the young calf. The effect of ultra-high-temperature treatment and of pasteurization. *Br J Nutr* 14 : 403-412, 1960
- 22) Sieber R, Rust P, Blanc B. Ernahrungsphysiologischer Vergleich von roher, pasteurisierter and ultra-hocherhitzter Milch in einem langzeitversuch mit Ratten. pp49-56, Alimenta-Sonderausgabe, Switzerland, 1980
- 23) Weeks CE, King RL. Bioavailability of calcium in heat-processed milk. *J Food Sci* 50 : 1101-1105, 1985
- 24) Blackwwood JH, Morris S, Wriht NC. The nutritive value of raw and pasteurized milk for calves. The assimilation and calcium. *J Dairy Res* 7 : 228-237, 1936
- 25) Frank LC, Uark FA, Haskell WH, Miller MM, Moss FJ, Thomas RC. Do children who drink raw milk thrive better than children who drink heated milk. *Public Health Reports* 47 : 1951-1960, 1932
- 26) Milk Nutrition Committee. Milk and Nutrition, Part. IV. The effects of dietary supplements of pasteurized and raw milk on the growth and health of school children summary of researchers carried out by the committee and practical conclusions. Reading, 1939
- 27) Gram L, Natving H. The effect of raw certified and HTST-pasteurized milk on the growth and health of infants and preschool children. XIV. *Int Dairy Congr II* : 176-184, 1956
- 28) Burton H. 우유의 UHT 열처리와 우유의 품질. *한국유가공연구* 6 : 75-86, 1989
- 29) 정충일. 가열처리에 의한 우유의 생화학적 변화. *한국유가공연구* 5 : 24-31, 1989
- 30) 이용규 · 김용성 · 홍윤호. 열처리 방법에 따른 우유의 이화학적 변화에 관한 연구. 전남대학교 논문집 29 : 45-56, 1984
- 31) 김석환 · 박상진 · 윤여창. 열처리에 의한 유단백질 성분 변화에 관한 연구. *한국낙농학회지* 15 : 61-67, 1983
- 32) 홍윤호 · 이용규. 저장중 초고온 멸균유의 이화학적 변화. 전남대학교 논문집 30 : 121-128, 1985
- 33) 이삼열 · 정운섭. 임상병리 검사법. pp70-74, 199-202, 연세대학교 출판부, 서울, 1978
- 34) Connerty HV, Briggs AR. Determination of serum calcium by means of ortho-cresolphthalein complexone. *Am J Clin Path* 45 : 290-296, 1966
- 35) AOAC : Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. 13th ed. pp125, Washington DC, 1980
- 36) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193 : 265-275, 1951
- 37) Ferro PV, Ham AB. A simple spectrophotometric method for the determination of calcium. *Am J Clin Path* 28 : 689-693, 1957
- 38) Chiamori N, Henry RJ. Determination of calcium in biologic material by the chloranilate method. *Proc Soc Biol & Med* 97 : 817-819, 1978
- 39) Ferro PV, Ham AB. A simple spectrometric method for the determination of calcium. *Am J Clin Path* 28 : 208-217, 1957