

## 山羊乳の飲用がマウスの血中ミネラル濃度に及ぼす影響についての基礎的研究

金 天 浩<sup>1)</sup>, 金 玉 星<sup>2)</sup>, 尹 教 福<sup>2)</sup>, 鄭 行 俊<sup>2)</sup>( <sup>1)</sup>江原大學校獣醫科大學\*, <sup>2)</sup>江原道家畜衛生試験所\*\*)

## A Fundamental Study on the Effects of Goat Milk Supplementation on Plasma Mineral Concentrations in Experimental Mice

Cheon Ho KIM<sup>1)</sup>, Ok Sung KIM<sup>2)</sup>, Kyo Bok YOON<sup>2)</sup>, Haeng Jun JUNG<sup>2)</sup><sup>1)</sup> College of Veterinary Medicine, Kangwon National University, Chuncheon, Korea,<sup>2)</sup> Gangwon Veterinary Service Laboratory, Chuncheon, Korea

## Summary

Today's consumers in developing and developed countries are more and more sophisticated in their desire to know about the composition and constituents in dairy products as they relate to human health. During the last 30 years, there has been a reawakening and rediscovery of natural, organic, farm-fresh, artisanal, and original foods for healthier and tastier eating. In this reawakening, dairy goats have also been prominently rediscovered as fitting well the new interest in healthy foods, especially goat milk products, cheeses, and yogurt. Dairy goats reentered a niche alternative of the dairy industry even in regions in which only dairy cows use the market. Worldwide FAO statistics show enormously increasing numbers of dairy goats during recent decades (+61% worldwide from 458 million head in 1980 to 738 million head in 2001).

The present study was conducted to investigate the effects of goat milk supplementation on plasma mineral concentrations in mice. Four-week-old male BALB/c mice were divided into 4 groups; distilled water group (control: C), 5 mL goat milk/day oral feeding group (G5), 10 mL goat milk/day oral feeding group (G10), 15 mL goat milk/day oral feeding group (G15), with 10 mice in each group. Total experimental period was 14 days. Body weight gain was not significantly different between any of the 4 groups. Plasma Cu and Zn concentrations of goat milk supplementation groups were significantly higher than those of the control group, but there were no difference plasma Fe and Ca concentrations among the 4 groups.

先進国では、生活水準の向上とともに健康に対する関心が高まっており、生活習慣病の予防または健康を維持における食生活の重要性が再認識されつつある<sup>1-3)</sup>。それとともに、環境に負荷を与えないものとして、農薬や除草剤、抗生剤などを使わない有機農法によって生産した高機能性食品(親環境機能性食品)を選択する傾向が急増している<sup>4-6)</sup>。この趨勢は畜産物についても同様である。

乳用山羊が生産する山羊乳の成分は、品種、飼料、飼育環境、飼養管理、季節などの要因によって変動するが<sup>7,8)</sup>、人乳に類似した組成であることが報告されている<sup>9,10)</sup>。とくに山羊乳には、カルシウム(Ca)、カリウム(K)、銅(Cu)、マンガン(Mn)、セレン(Se)などのミネラル<sup>11,12)</sup>と中鎖脂肪酸(medium-chain fatty acids: MCT)<sup>13)</sup>、およびCLA(conjugated linoleic acid)<sup>14)</sup>が多く含まれている。

畜産として乳用山羊を飼育開始したのは1600年代初頭のスイスであり、比較的最近であるが、現在、ヨーロッパなどで飼育されている山羊の大半は乳用種である。山羊乳はそのまま飲用するだけでなく、ヨーグルト、チーズ、バターなどの加工品としても多く利用されてきた。主に小作農においては、ミルクやチーズなどを自給する目的で乳用山羊を飼育してきたため、乳山羊は“貧農の牛(Poor-man's Cow)”とも呼ばれてきた。

韓国では1990年代以降、社会経済的水準が向上し、食生活が生活習慣病に及ぼす影響に関心が増加し、とくに抗腫瘍、酸化および免疫力強化などの生理活性をもつ親環境機能性食品に対する関心が高まった。これに伴って、長い間沈滞していた乳山羊業を、山羊乳の機能性食品としての重要性と親環境畜産業としてのメリットを生かし、発展

\*所在地：韓国江原道春川市孝子2洞92-1(〒200-701)

\*\*所在地：韓国江原道春川市薪北邑山川里727(〒200-822)

させようとする努力が開始された。その結果、従事農家数と飼育頭数は少ないものの、韓国山岳地帯において、有機農法によって乳用山羊を放牧飼育し、山羊乳を原料とした親環境機能性食品を生産販売する農家型乳加工工場が生まれつつある。しかしながら、山羊乳に関して、その組成や栄養生理的な機能などに対する研究はほとんどが欧米で行われたものであり、韓国産乳山羊の形質と山羊乳の成分組成などをはじめ、韓国産山羊乳に対する栄養生理学的研究はほとんど行われていない。このため、一般消費者たちの認識不足と季節繁殖の生理的な特性による山羊乳の需要供給の不均衡が生じており、人工受精による優秀形質の創製、山羊乳に特異な異臭の除去、流通問題などの難題を解決するのに必要な基礎データを蓄積することが必要と思われる。

そこで、本研究では、韓国の南部地方の山地で放牧飼育している乳用山羊が生産する山羊乳中に含まれているミネラル（鉄（Fe）、亜鉛（Zn）、カルシウム（Ca）、銅（Cu））含量を牛乳中のそれと比較測定した。ついで、実験動物として離乳直後のマウスを用いて4群にわけ、山羊乳の飲用が体重の変化、血中ミネラル濃度に及ぼす影響を調べた。あわせて、世界の山羊飼育現況についても調査して検討を加えたので報告する。

## 実験方法

### 1. 実験材料

本実験に用いた山羊乳は、搾乳室と乳加工施設を備えている乳山羊牧場（韓国全羅南道光陽市所在）で放牧飼育した乳用山羊のものであり、搾乳直後に均質化・滅菌されたものである。また、ミネラル成分含量の比較分析に用いた牛乳は、韓国春川市内の百貨店で販売されていた大手乳業会社製品である。

### 2. 実験動物および飼育条件

体重18～20gの4週齢のBALB/C系雄マウス40匹を(株)オリオンバイオ（Korea）より購入し、あらかじめ1週間固形飼料で適応させた後、10匹ずつ、蒸留水だけを与えるコントロール（C）群、山羊乳を5mL/日給与する群（G5）、10mL/日給与する群（G10）、15mL/日給与する群（G15）の4群に分け、2週間飼育した。飼育期間中固形飼

料と蒸留水は自由に摂取させた。飼育室温度は $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、照明の周期は12時間（7:00～19:00点灯）に調節した。体重は2日に1回測定した。

### 3. 血液採取とミネラル濃度の測定

実験終了後すべての実験動物は12時間絶食させた後エーテルで麻酔し、断頭により採血した。そして血漿中のミネラル濃度をICP-OESを用いて測定した。山羊乳と牛乳中のミネラル含量もICP-OESを用いて測定した。

### 4. 統計学的分析

動物実験における測定値は、一元配置分散分析により検定し、有意（ $p < 0.05$ ）であった場合には、Duncan's multiple range testによって群間の比較を行った。以上の計算には統計解析プログラムであるSASを用いた。

## 結果と考察

### 1. 各群間の体重変化

実験動物の体重変化を2日に1回測定した結果、体重増加はすべての群で実験飼育期間中次第に増加したが（Table 1）、飼育4～10日にかけて山羊乳を15mL/日与えた群（G15）が他群に比べ有意に低値を示した。しかしそれ以降については各群の体重間に有意な差は認められなかった。したがって、山羊乳投与はマウスの体重に対して大きな変化を与えなかったと判断した。

### 2. 山羊乳と牛乳中のミネラル含量の比較

山羊乳と牛乳中のミネラル含量を比較分析した結果をTable 2に示した。CuとZnの含量に有意な差はなかったが山羊乳の方が高値を示し、Caは山羊乳の方が有意に高い含量を示した。しかし、Feの含量は牛乳の方が有意に高かった。これらの結果はこれまでの研究報告<sup>9,10)</sup>と同様な傾向であるが、ミネラルの乳汁中濃度は動物種、食餌、品種、または泌乳期によって相当な影響を受けることが知られていることから<sup>11,12)</sup>、今後さらに詳しい検討が必要であると考えられる。

Table 1 Changes of body weight in the experimental groups

Experimental period (days)	Experimental group			
	C	G5	G10	G15
2	18.6 ± 0.2 <sup>a</sup>	19.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	19.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	18.6 ± 0.2 <sup>a</sup>
4	20.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	20.1 ± 0.1 <sup>ab</sup>	20.2 ± 0.3 <sup>ab</sup>	19.7 ± 0.2 <sup>b</sup>
6	21.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	21.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	21.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	19.7 ± 0.3 <sup>a</sup>
8	21.2 ± 0.3 <sup>a</sup>	21.2 ± 0.2 <sup>a</sup>	20.8 ± 0.3 <sup>a</sup>	19.6 ± 0.1 <sup>b</sup>
10	21.8 ± 0.3 <sup>a</sup>	21.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	22.2 ± 0.6 <sup>a</sup>	21.1 ± 0.1 <sup>a</sup>
12	22.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	22.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	22.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	21.7 ± 0.2 <sup>a</sup>
14	22.4 ± 0.3 <sup>a</sup>	23.0 ± 0.4 <sup>a</sup>	22.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	22.2 ± 0.2 <sup>a</sup>

Abbreviations of experimental groups are as follows: C, control group; G5, 5 mL/day goat milk feeding group; G10, 10 mL/day goat milk feeding group; G15, 15 mL/day goat milk feeding group. Values are means ± SEM (n=10). Means in the same experimental period not sharing a common superscript differ significantly ( $p < 0.05$ ).

**Table 2** Comparison of mineral contents in goat milk and cow milk

Minerals	Cow milk	Goat milk
Cu (mg/L)	1.53 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.64 ± 0.33 <sup>a</sup>
Fe (mg/L)	27.09 ± 5.55 <sup>a</sup>	6.06 ± 1.36 <sup>b</sup>
Zn (mg/L)	8.42 ± 0.32 <sup>a</sup>	9.04 ± 0.93 <sup>a</sup>
Ca (mg/L)	1177 ± 60 <sup>a</sup>	1437 ± 55 <sup>b</sup>

Values are means ± SEM (n=5). Means in the same row not sharing a common superscript differ significantly ( $p < 0.05$ ).

**Table 3** Effect of goat milk supplementation on plasma mineral concentrations in mice

Minerals	Experimental group			
	C	G5	G10	G15
Cu (mg/L)	0.34 ± 0.11 <sup>b</sup>	2.37 ± 0.40 <sup>a</sup>	1.55 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.38 ± 0.38 <sup>a</sup>
Fe (mg/L)	6.82 ± 3.31 <sup>a</sup>	8.23 ± 3.59 <sup>a</sup>	7.16 ± 1.03 <sup>a</sup>	16.50 ± 4.54 <sup>a</sup>
Zn (mg/L)	0.59 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.97 ± 0.17 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.06 ± 0.04 <sup>a</sup>
Ca (mg/L)	12.51 ± 0.18 <sup>a</sup>	11.59 ± 0.40 <sup>a</sup>	11.75 ± 0.17 <sup>a</sup>	11.49 ± 0.34 <sup>a</sup>

Experimental groups are the same as shown in Table 1. Values are the means ± SD (n=10). Means in the same row not sharing a common superscript differ significantly ( $p < 0.05$ ).

### 3. 山羊乳給与がマウス血漿中ミネラル濃度に及ぼす影響

14日間の山羊乳給与がマウス血漿中の主要ミネラル濃度に及ぼす影響を検討した。Table 3に示すように、マウス血漿中のCuとZnの濃度は山羊乳給与群で対照群と比較して有意に高値を示した。しかしながら、山羊乳給与量とミネラル濃度の間に有意な相関は認められなかった。Feの濃度には有意な差はなかったが山羊乳給与群で高い値を示す傾向が見られ、Caの場合は対照群と山羊乳給与群の間に大きな差は認められなかった。山羊乳のミネラル濃度にもとづくと、G5～G15群では、山羊乳からCu、Fe、Znを1日あたりそれぞれ8～24、30～90、45～135 μg摂取したことになる。固形飼料中のミネラル濃度（Cu、約5 μg/g；FeとZn、約30 μg/g）とマウスの飼料摂取量（2～3 g/日）から算定すると、山羊乳投与はこれらのミネラルの摂取量を30～200%増加させたことになる。このことがCa以外の血漿ミネラル濃度を増加させたことにつながったと考えられ、山羊乳は微量ミネラルの供給源として有効に機能したといえる。

### 4. 世界主要家畜の飼育頭数の変化

FAOの資料（世界食糧農業状況報告書）によると、2000年以後の世界の農業生産は1990年代平均成長率に比べ非常に低い増加率を示している<sup>15)</sup>。このため、2000年における世界の栄養不足人口は8億4,000万人と推定されており、世界の農業生産の減少が深刻な食糧の不足と価額暴騰を引き起こしている。この調査報告書<sup>15)</sup>によると、2000年の全世界の家畜頭数は4,350,300千頭であり、この中で山羊は720,000千頭（約17%）であり、この比率は牛（31%）、綿羊（24%）、豚（21%）に続いて高いものである。Fig. 1に1990年から2000年までの世界主要家畜の飼育頭数の変化を示した。山羊の2000年度の飼育頭数は1990年に比べ約25%増加したのに対して、牛と豚の飼育頭数は5%程度の増加であり、綿羊の場合は逆に約11%も減少している。

### 5. 世界地域別山羊飼育頭数の変化（1980～2001）

2002年度のFAOの報告によると、2001年度の全世界の山羊の飼育頭数は約738,000千頭であり、2000年度の約720,000千頭に比べ2.5%、1980年度の458,000千頭に

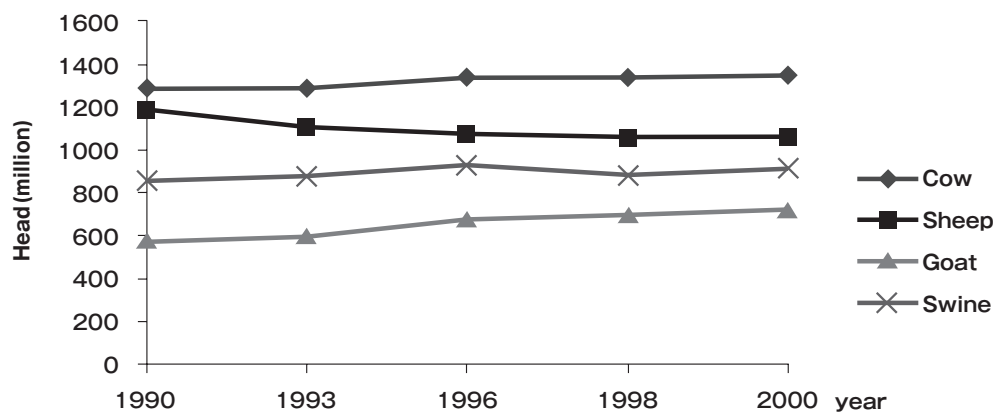


Fig. 1 Changes of populations of major livestock during the last 10 years (1990-2000)<sup>15)</sup>

**Table 4** Trends of populations of goats during the last 20 years<sup>15,16)</sup>

	Population (Million head)		Change, % 2001/1980
	1980	2001	
World	458	738	+ 61
Africa	149	219	+ 47
North and central America	13	14	+ 8
South America	19	22	+ 16
Asia	258	465	+ 80
Europe	12	18	+ 50
Mediterranean region	44	40	- 9
Oceania	0.4	0.7	+ 75

比較して約 61%も増加している (Table 4)。2001 年度の飼育頭数と増加率を地域別に調べてみると、中国を含めたアジアが約 465,000 千頭で 1980 年度に比べ約 80%も増加し、次にアフリカ 219,000 千頭 (47%)、南アメリカ 22,000 千頭 (16%)、ヨーロッパ 18,000 千頭 (50%)、北アメリカ 14,000 千頭 (8%) の順であった<sup>15,16)</sup>。ただし、地中海沿岸国の場合は 40,000 千頭で 1980 年度に比べ 9%減少していた。その他、オセアニアの場合には 700 千頭に過ぎないが 1980 年度に比べると 75%という高い増加率を示している。中国を含めた開発途上国における山羊飼育頭数は 1960 年から 1990 年代末まで毎年約 1.3~1.4%ずつ増加したと知られており、この増加率は 2010 年まで続き、2010 年以後より 2025 年まで山羊の飼育頭数が毎年約 2.7%ずつ増加する可能性も推測されている。FAO では 2007 年度現在、世界山羊の飼育頭数は約 8 億 7 千万頭で、その中で約 62%がアジアで飼育され、なかでも中国とインドが各々 23%と 14%を占めていると報告している<sup>17)</sup> (Table 5)。このように家畜としての山羊の重要性は増していることから、山羊乳の食品栄養学、栄養生理学的な検討が今後ますます重要になると推定される。

**Table 5** World regional goat populations (2007)<sup>17)</sup>

Region	Population (1,000 head)
Africa	245,063
America	8,900
Asia	544,955
Russia Federation	26,500
Oceania	947
South America	26,386
Europe	20,154
World	872,905

## 謝 辞

本研究で使用した山羊乳は、韓国全羅南道光陽市白雲山にある徳川牧場文勝朱社長からいただいたものである。深く感謝申し上げます。

## 参考文献

1) Nam HJ, Kim YS (2006) A survey on perceived food

safety in urban residents. Korean J Food & Nutr 19: 126-142.

- 2) Egusa G, Watanabe H, Ohshita K, Fujiwara R, Yamane K, Okubo M, Kohno N (2002) Influence of the extent of Westernization of lifestyle on the progression of preclinical atherosclerosis in Japanese Subjects. J Atheroscler Thromb 9: 299-304.
- 3) Bang BH, Kim JK, Yoon WH, Lee GR, Choe GY, Hwang SY, Hwang CH (2009) Food Hygiene. Jin Ro Publishing Co., Seoul, Korea: pp. 14-23.
- 4) Shewfelt RL (1987) Quality of minimally processed fruits and vegetables. J Food Qual 10: 143-148.
- 5) Manvell C (1977) Minimal processing of food. J Food Sci Technol 11: 107-111.
- 6) Ahn YS, Shin DH (1999) Antimicrobial effects of organic acids and ethanol on several food borne microorganisms. Korean J Food Sci Technol 31: 1315-1323.
- 7) Schmidt GH (1971) Biology of lactation. Freeman and Co. San Francisco: pp. 182-195.
- 8) Underwood EJ (1977) Trace elements in human and animal nutrition. 4th ed. Academic Press, New York: pp. 173.
- 9) Haenlein GFW, Caccese R (1984) Goat milk versus cow milk, In: Extension Goat Handbook, eds by Haenlein GFW, Ace DL, USDA Publ., Washington DC. E-1, pp. 1.
- 10) Jenness R (1980) Composition and characteristics of goat milk: Review 1968-1979. J Dairy Sci 63: 1605.
- 11) Park YW, Chukwu HI (1988) Macro-mineral concentrations in milk of two goat breeds at different stages of lactation. Small Rum Res 1: 157.
- 12) Park YW, Chukwu HI (1989) Trace mineral concentrations in goat milk from French-Alpine and Anglo-Nubian breeds during the first 5 months of lactation. J Food Composit Analysis 2: 161.
- 13) Juarez M, Ramos M (1986) Physico-chemical characteristics of goat milk as distinct from those of cow milk. Intl Dairy Bull No.202: 54.
- 14) Mir Z, Goonewardene LA, Okine E, Jaegar S, Scheer HD (1999) Effect of feeding carola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. Small Rum Res 33: 137-143.
- 15) FAO (2002) Production Yearbook 2001. Food & Agriculture Publ Rome 55: 261.
- 16) FAO (1986) Production Yearbook 1985. Food & Agriculture Publ Rome 39: 330.
- 17) FAO (2009) Food & Agriculture. 2009/ The OECD Agricultural outlook, 2009-2018, p. 2/working party on agricultural policies and markets OECD and FAO 2009.