

식이중 Guar Gum과 Calcium보충이 흰쥐의 체내 영양소 이용율에 미치는 영향

김 상 연 · 장 유 경

한양대학교 가정대학 식품영양학과

Effect of Guar Gum and Calcium Supplement on Nutritional Bioavailabilities in the Rats

Kim, Sang-Yeon · Chang, Yu-Kyung

Department of Food and Nutrition, College of Home Economics, Hanyang University, Seoul, Korea

ABSTRACT

This balance study was performed to investigate nutritional effects of guar gum and calcium supplement for 8 weeks. 36 male rats of Sprague-Dawley strain weighing 50g were blocked into six groups : 5CN, 5GN, 5CS, 5GS, FFN, 10GN. Feed intake, body weight gains, FER, PER, bioavailability of energy, protein, fat, Ca and P, and Ca & P content of femur and kidney was measured.

The results obtained in this study were summarized as follows : (1) Feed intake, weight gains, FER, PER and bioavailabilities of protein and P and the contents of Ca & P in femur of 5GS were not significant different with those of 5CN, 5GN and 5CS. Energy bioavailabilities of 5GS was significantly higher than 5CN and 5CS($p < 0.05$) but was not significant different with those 5GN. Fat bioavailabilities of 5GS was significantly lower than 5CN and 5GN($p < 0.05$) but was not significant different with those of 5CS. Ca contents of kidney of 5GS was significantly higher than 5CN and 5GN($p < 0.05$) but was not significant different with those of 5CS. (2) According to guar gum levels feed intake, FER and PER were not significantly different among groups but body weight gains, bioavailabilities of energy, protein, fat and Ca, Ca & P content of femur was significantly decreased($p < 0.05$). Bioavailabilities of P was significantly increased according to the guar gum levels($p < 0.05$). Ca contents in kidney of 10GN was significantly higher those of 5GN($p < 0.05$) but P contents in kidney was not significant difference by guar gum levels.

Therefore 5% supplemental guar gum in diet of obese man and diabetics could be recommended. But it should be careful in using 10% guar gum in diet.

KEY WORDS : guar gum · Ca supplement · bioavailabilities.

채택일자 : 1992년 11월 10일

서 론

최근 식이성 섬유소의 유익한 효과에 대해 많은 관심이 집중되고 있다. 특히 수용성 섬유소의 일종인 Indian cluster bean으로 galactomannan의 구조를 갖는 guar gum은 당뇨병 환자의 혈당량을 감소시킴¹⁾과 동시에 혈중 cholesterol 및 triglyceride 수준을 감소시켜 주므로써 동맥경화증 환자 및 경증의 고혈압 환자의 치료에도 도움을 준다고 하여 환자들의 치료식에 guar gum을 첨가한 고섬유소 식이가 이용되고 있다²⁾³⁾.

식이성 섬유소가 영양소 대사에 미치는 영향을 보면 식이의 에너지에 대한 효과는 아직 잘 알려지지 않았으나 최근들어 식이성 섬유소가 대사 에너지에 부적 영향을 준다고 보고하고 있다. 즉, 식이섬유소 자체가 열량원은 아니지만 다른 열량 영양소의 이용을 저하시켜 체내 대사 에너지를 저하한다고 알려져 있다⁴⁾. 또한 식이섬유소의 함량이 높은 과일이나 채소는 질소와 지방의 흡수를 저하시키는⁵⁾ 반면 정제된 섬유소는 질소나 지방 흡수에 유의적인 영향을 주지 않는다고 하였으며⁶⁾ pectin은 지방과 질소의 배설을 증가시킨다는 보고가 있다⁷⁾. 따라서 식이섬유소의 종류에 따라서 에너지 대사에 미치는 영향은 다양하다는 것을 알 수 있다. Guar gum이 체내 질소의 흡수를 저해한다는 몇몇 보고⁸⁾⁹⁾만 있을 뿐 에너지 대사에 미치는 영향에 대해서는 잘 알려져 있지 않으며, 또한 guar gum이 체내 무기질 대사에 미치는 영향에 대해서도 많은 연구가 수행되어져 있지 않으므로 많은 연구를 요한다.

McNair등은 당뇨병 환자는 정상인보다 골다공증 발생률이 높다고 보고¹⁰⁾하였으며 박 등에 의한 한국인 대상으로 연구한 보고에서도 당뇨병 환자의 경우 혈중 Ca 농도가 낮음을 나타내었다. 따라서 이들 환자의 뼈의 석회질화를 도와주기 위해 식이중 Ca 보충이 필요하다¹¹⁾.

식이 중 Ca 보충과 뼈의 석회질화¹²⁾ 및 Ca과 P등 무기질대사에 미치는 효과¹³⁾¹⁴⁾에 관한 연구는 많이 행하여져 있지만 식이중 Ca 보충이 에너지, 단백질,

지방에 미치는 영향에 대하여는 거의 연구가 되어 있지 않았다. 다만 과잉의 Ca 보충이 단백질 이용률을 감소시킬 수 있다는 유의 연구보고¹⁵⁾와 에너지 섭취 불량한 Ca의 섭취가 충분할지라도 calcium의 이화작용이 일어나 뼈의 강도를 저해시킨다¹⁶⁾는 연구만 행하여졌을 뿐으로 식이중 Ca 보충이 필수 영양소에 미치는 영향에 관해 더 연구가 진행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구는 식이중 guar gum과 Ca보충이 함께 섭취한 영양소의 이용률에 미치는 효과와 식이중 첨가되어야 할 guar gum의 수준의 적합성을 알기위하여 guar gum 수준에 따른 영양소 이용률을 연구함으로써 당뇨병 환자와 비만 환자의 치료식 개발에 기초적 자료를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 식이

실험동물은 평균 체중이 50g 정도되는 Sprague-Dawley계 숫쥐 36마리를 체중에 따라 6마리씩 6군으로 나누어 stainless cage에 넣어 Table 1과 같이 구성된 식이로 처음 2일동안 적응 기간을 거친 후 7주간 사육하였으며 8주가 되는 날에 흰쥐를 plastic metabolism cage에 옮겨 1주일간 분과 뇨를 수거하는 대사 실험을 행하였다.

식이와 증류수는 제한없이 주었고 체중은 일주일에 2번씩 측정하였으며 식이 섭취량은 매일 일정한 시간에 측정하였다.

실험 기간동안 사육실의 실내온도는 22~23°C를 유지하였으며 낮과 밤은 12시간 주기로 하였다.

사용된 쥐장 및 모든 기구는 무기질의 오염을 방지하기 위해 0.4% EDTA로 세척하여 사용하였다¹⁷⁾.

실험식이의 구성성분은 Table 1에서 보는 바와 같이 AIN-76¹⁸⁾을 참조하여 배합하였다. 단, vitamin mixture은 Harper pattern¹⁹⁾으로 배합된 Oriental 효모주식회사제품을 이용하였다. 섬유소의 급원은 α -cellulose(Sigma사)와 guar gum(Sigma사)을 이용하였다.

Calcium 첨가 수준은 AIN-76¹⁸⁾에 권장된 수준을

정상치로 잡고 이 수준의 2배를 첨가하였다. 여기서 보충제로는 calcium/phosphorus ratio을 일정하게 유지하기 위하여 CaHPO₄(Sigma사)를 첨가하였다²⁰⁾.

2. 시료수집 및 분석

1) 변과 뇨의 수거

각 실험동물의 변과 뇨는 8주가 시작될 때 부터 1주일동안 매일 뇨와 변을 수거했다. 수거한 변은 -20°C 냉동실에 보관하였다가 분석 직전에 80°C를 유지하는 drying oven에서 24시간동안 완전 건조시켜 분쇄한 후 분석시료로 이용하였고, 수거한 뇨는 부패를 방지하기위해 1ml의 toluene을 넣은 후 원심분리기(Sorvall RC-5B)에서 10분간 3000 rpm에서 원심분리하여 상등액만 취해 분석을 위해서 -20°C의 냉동고에 보관하였다.

2) 신장 및 대퇴골 채취

12시간 절식시킨 동물을 ethylether로 마취한 후 개복하여 신장을 적출하여 0.9% 생리식염수로 세척한 후 젖은 무게를 측정한다 뒤, 오른쪽 신장은 알미늄호일에 싸서 냉동고에 보관하였고 왼쪽 신장은 무게를 측정후 조직검사를 하기위해 세로로 반을 잘라서 10% formalin용액에 넣어 고정시켰다.

빼는 오른쪽 대퇴골을 떼어내어 길이와 젖은 무게를 측정후 알미늄호일에 싸서 냉동고에 보관하였다가 120°C에서 3시간 건조시킨후 마른 무게를 잰 다음 분석에 이용하였다.

3) 시료의 일반성분 분석

식이의 일반성분 분석은 AOAC법에 준해 수분은 상압 건조법으로 조단백질은 microkjeldahl법을 사용하여 총 질소량을 측정하여 6.25를 곱하여 산출

Table 1. Composition of experimental diets

(단위 : g/kg)

| Ingredient group | 5CN ¹⁾ | 5GN ²⁾ | 5CS ³⁾ | 5GS ⁴⁾ | FFN ⁵⁾ | 10GN ⁶⁾ |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | (n=6) | (n=6) | (n=6) | (n=6) | (n=6) | (n=6) |
| Cornstarch | 650 | 650 | 632.5 | 632.5 | 700 | 600 |
| Casein | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| DL-Methionin | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Soybean oil | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Choline chloride | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Mineral mixture ⁷⁾ | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Vitamin mixture ⁸⁾ | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Cellulose | 50 | — | 50 | — | — | — |
| Guar gum | — | 50 | — | 50 | — | 100 |
| CaHPO ⁴⁾ | — | — | 17.5 | 17.5 | — | — |

n : Number of rats in each group

1) 5CN : 5% Cellulose normal calcium level

2) 5GN : 5% Guar gum normal calcium level

3) 5CS : 5% Cellulose supplemental calcium level

4) 5GS : 5% Guar gum supplemental calcium level

5) FFN : Fiber free normal calcium level

6) 10GN : 10% Guar gum normal calcium level

7) Mineral mix : AlN(g/kg) CaHPO₄,500 ; NaCl,74 ; K₂C₆H₅O₇ · H₂O,220 ; K₂SO₃,52 ; Na₂SeO₃ · 5H₂O,0.01 ; MgO,24 ; MnCO₃,3.5 ; Ferric citrate,6.0 ; ZnCO₃,1.6 ; CuCO₃,0.3 ; KIO₃,0.01 ; CrK(SO₄)₂ · 12H₂O,0.55 ; Sucrose, finely powdered to make 1,000

8) Vitamin mix : Harper & Rogers(mg/kg) Thiamine-HCl,5 ; Riboflavin,5 ; Niacinamide,25.0 ; Calcium D-pantothenate,20 ; Pyridoxine-HCl,5 ; Folic acid,0.5 ; Menadione,0.5 ; D-biotin,0.2 ; Vitamin B₁₂(0.1% in mannitol),30 ; Ascorbic acid,50 ; Vitamin E acetate(25% in a mixture of gelatin, sugar and starch),400 ; Vitamin A acetate and Vitamin D₂(325,000 USP units of A/g and 32,500 USP units of D₂/g in a mixture of gelatin, sugar and starch),12.31

하였으며 조지방은 Soxhlet 추출법, 조섬유 및 회분은 AOAC법으로 행하였으며, 탄수화물(nitrogen free extract)은 식이 총량에서 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유 및 회분의 함량을 뺀 양으로 구하였다. 식이와 변의 energy 측정은 bomb calorimeter(Parr 1261 Calorimeter)를 사용하여 구하였으며, 뇨 에너지값은 한에 의하여 제안된 다음과 같은 회귀식에 따른 계산치²¹⁾를 사용하였다.

$$Y = 8.924X + 0.182 \quad X : \text{Urinary nitrogen}$$

$$Y : \text{Urinary energy}$$

4) 시료의 Ca과 P의 정량

식이, 변, 똥 및 신장을 각각 도가니에 넣어 600℃가 유지되는 전기화로에서 6시간 회화시킨 후 질산 : 증류수(1 : 1 v/v)용액을 넣어 2시간정도 다시 회화시켜 완전히 분해한 후 회화된 식이, 변, 똥 및 신장을 HCl : 증류수(1 : 1 v/v)용액 100ml에 녹인뒤 인의 방해를 방지하기 위하여 0.1% LaCl₃ 용액으로 희석하여 Atomic Absorption Spectrophotometer(GBC 903 Single Beam)로 Ca을 정량하였다²²⁾²³⁾.

수집된 뇨는 일정량을 취해 0.1% LaCl₃용액으로 희석한 뒤 Atomic Absorption Spectrophotometer를 이용하여 Ca을 정량하였다.

식이, 변, 뇨, 똥 및 신장의 P 정량을 위한 전처

리는 Ca 정량법과 같으나 0.1% LaCl₃용액 대신 증류수로 희석하여 Spectrophotometer(Spectronic 601)을 이용하여 몰리브덴산 암모늄 비색 분석법으로 P의 함량을 측정하였다²⁴⁾.

5) 신장의 조직학적 검사

신장은 10% formalin 용액으로 고정시킨 후 일반적인 조직검사법²⁵⁾에 의해 paraffin wax를 박아 Ca이 침착된 부분을 얇게 썰은 후 hematoxylin과 chloranilic acid를 가지고²⁶⁾ Ca 침착 부위를 노랗게 염색해서 5단계(non, trace, weak, moderate, strong deposit)로 나누어 Ca 침착정도(nephrocalcinosis)를 나타내었다.

3. 통계처리

본 연구의 모든 실험 결과는 각 실험군 별로 평균과 표준오차로 나타내었으며, 각 실험군별 평균치간의 유의성 검정은 SPSS를 이용하여 일원배치 분산분석(one way analysis of variance)을 한 후 $\alpha = 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 행하였다²⁷⁾.

실험결과 및 고찰

1. 식이 섭취량, 체중 증가량, 식이 효율 및 단백질 효율
식이 섭취량, 체중 증가량, 식이 효율 및 단백질

Table 2. Daily body weight gain, feed intake, food efficiency ratio(FER) and protein efficiency ratio(PER) of the rais fed experimental diets

| Group | Feed Intake(g/day) | Body Wt Gain(g/day) | FER | PER |
|------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------|-------------|
| Kinds of fiber×Ca supplement | | | | |
| 5CN | 21.90±0.98 ^{1)NS} | 4.66±0.27NS | 0.21±0.01NS | 1.11±0.03NS |
| 5GN | 20.09±1.87 | 4.54±0.41 | 0.23±0.01 | 1.18±0.04 |
| 5CS | 22.34±1.71 | 4.15±0.49 | 0.18±0.01 | 0.95±0.06 |
| 5GS | 21.37±2.43 | 4.29±0.41 | 0.20±0.01 | 1.04±0.06 |
| Guar gum level | | | | |
| FFN | 19.81±1.44NS | 5.08±0.52a* | 0.26±0.03NS | 1.23±0.12NS |
| 5GN | 20.09±1.87 | 4.54±0.41ab | 0.23±0.01 | 1.18±0.04 |
| 10GN | 18.76±0.81 | 4.24±0.54b | 0.21±0.01 | 1.11±0.07 |

1) : mean±SEM

NS : Not significant

* : Values within the same column with different alphabets are significantly different($p < 0.05$) among groups by Duncan's test

효율은 Table 2에 나타난 바와 같이 5GS와 다른 식이군간에 유의적인 차이가 없었다. 이는 5% guar gum 식이군과 cellulose식이군을 비교하였을 때, 식이 섭취량 및 체중 증가에 유의적인 차이가 없었다고한 Shi와 Georgy의 연구²⁸⁾결과와 같았다. 또한 식이중 Ca 보충이 흰쥐나 토끼에게서 체중 증가량에 유의적인 차이가 없었다는 여러 보고²⁹⁾³⁰⁾와는 일치하였으나, 곡류 야채 식이에 Ca을 첨가하여 실험 동물에게 섭취시켰을 때 식이 효율과 단백질 효율이 감소한다는 유의 연구¹⁵⁾와는 달리, 본 실험에서는 식이 효율과 단백질 효율에 유의적으로 영향을 주지 않았다. 이는 유의 실험에서는 곡류 야채식이중에 Ca을 첨가한 반면 본 실험에서는 정제 식이 섬유소에 Ca를 첨가하였으므로 다른 결과를 가져온 것으로 사료된다.

Guar gum의 수준에 따라 식이 섭취량은 유의적인 차이가 없었으나 체중 증가량은 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 식이효율, 단백질 효율은 유의적인 차이가 없었지만 감소하는 경향이 있었다. 따라서 guar gum의 수준이 증가할수록 체중이 감소된다는 Nalini의 실험결과와 같은 결과를 보였다⁸⁾. 즉, 식이중 guar gum의 수준이 증가할수록 energy density는 감소되고 포만감은 증가되므로써³¹⁾ 체중을 저하시키는 역할이 있음을 알 수 있다.

2. 에너지 섭취량, 배설량, 흡수율, 보유율

에너지 섭취량, 변 및 뇨 중 배설량, 흡수율 및 보유율은 Table 3에 나타난 바와 같이 에너지 섭취량과 뇨 중 에너지 배설량은 각 식이군간에 유의적인 차이가 없었다.

변 중 에너지 배설량은 5GN과 5GS 사이에 그리고 5CN와 5CS 사이에 유의적인 차이가 없었지만 5GN는 5CN보다 5GS는 5CS보다 변 중 에너지 배설량이 유의적으로 적었다($p < 0.05$). 이것은 같은 Ca 수준에서는 guar gum이 cellulose보다 변 중 에너지배설량이 적다는 것을 의미한다.

에너지 흡수율 및 보유율은 같은 섬유소에서 Ca 정상군과 보충군사이에 유의적인 차이가 없었지만 같은 Ca 수준에서는 guar gum이 cellulose군보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$).

따라서 Ca 보충은 에너지 흡수율과 보유율에 영향을 미치지 않으며 guar gum은 cellulose보다 에너지 이용율이 높음을 알 수 있다.

Guar gum의 수준에 따라 에너지 섭취량, 뇨 중 에너지 배설량은 유의적인 차이가 없으나 변 중 에너지 배설량은 10GN에서 유의적으로 많았으며($p < 0.05$) 에너지 흡수율 및 보유율은 10GN에서 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 따라서 이러한 결과

Table 3. Energy intake, fecal energy, urinary energy, energy apparent absorption and energy retention rate of the rats fed experimental diets

| Group | Energy intake (Kcal/day) | Fecal energy (Kcal/day) | Urinary energy (Kcal/day) | Energy apparent absorption (%) | Energy retention rate (%) |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Kinds of fiber×Ca supplement | | | | | |
| 5CN | 90.44± 7.00 ¹⁾ NS | 4.60± 0.57a* | 2.68± 0.42NS | 94.92± 0.46b | 91.90± 0.34b |
| 5GN | 82.97± 10.90 | 1.89± 0.11b | 2.83± 0.86 | 97.63± 0.17a | 94.38± 0.49a |
| 5CS | 90.92± 9.83 | 4.76± 0.30a | 2.36± 0.52 | 94.71± 0.26b | 92.07± 0.66b |
| 5GS | 86.96± 11.64 | 2.24± 0.34b | 1.76± 0.26 | 97.43± 0.06a | 95.25± 0.59a |
| Guar gum level | | | | | |
| FFN | 86.49± 2.32NS | 1.55± 0.73b | 1.94± 0.23NS | 98.23± 0.77a | 95.89± 0.88a |
| 5GN | 82.97± 10.90 | 1.89± 0.11b | 2.83± 0.86 | 97.63± 0.17a | 94.38± 0.49ab |
| 10GN | 79.57± 4.74 | 2.97± 0.35a | 1.77± 0.54 | 95.89± 0.20b | 92.45± 0.69b |

1) : mean± SEM

NS : Not significant

* : Values within the same column with different alphabets are significantly different($p < 0.05$) among groups by Duncan's test

로 미루어 볼 때 10% guar gum은 5% guar gum과는 달리 체내에서 이용도를 낮추므로 비만환자의 치료식에 첨가하면 체중 감소에 좋은 효과를 줄 것이다.

3. 단백질의 섭취량, 배설량, 흡수율, 보유율

단백질의 섭취량, 변 및 뇨 중 배설량, 흡수율 및 보유율은 Table 4에 나타난 바와 같이 각 식이군간에 유의적인 차이가 없었다.

따라서 식이섬유소의 종류나 Ca 보충이 단백질 효율에 영향을 미치지 않았던 것과 마찬가지로 단백질 이용율에 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

Guar gum의 수준에 따라 단백질 섭취량은 유의적인 차이가 없으나 guar gum의 수준이 증가할수록 변중 단백질 배설량은 유의적으로 많고 뇨중 단백질 배설량은 유의적으로 감소되어($p < 0.05$) 단백질의 흡수율과 보유율은 guar gum의 수준이 증가할수록 유의적으로 저하되었다($p < 0.05$). 이는 Nalini등의 실험에서 guar gum의 수준이 증가할수록 질소 흡수율을 더욱 저하시킨다는 실험 결과⁸⁾와 부합한다. 즉, guar gum의 수준이 증가할수록 수용성 섬유소는 점성이 강하여 장내에서 수송이 느려 unstirred layer size를 증가시키는 동시에 강한 점성으로 인해 pepsin activity를 저해하므로서 단백질

흡수율을 저하시키며, 또한 digestive protease의 수준을 변화시켜 위장관에서 proteolytic enzyme를 저하시키므로써 단백질 흡수율을 낮추는 것으로 보인다³²⁾.

4. 지방의 흡수율

지방의 섭취량, 변 중 배설량과 흡수율은 Table 5에 나타난 바와 같다.

지방 섭취량은 각 실험 식이군간에 유의적인 차이가 없었으나 변 중 지방 배설량은 첨가된 식이 섬유소에 관계없이 Ca 보충 식이군이 Ca 정상 식이군에서보다 유의적으로 많았으며($p < 0.05$) Ca 보충 식이군간에는 유의적인 차이가 없었다. 지방 흡수율은 Ca 보충 식이군이 정상식이군에 비해 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$) 섬유소 종류에 따라서는 유의적인 차이가 없었다. 따라서 고 Ca 섭취는 지방과 불용성염을 형성하므로서 지방의 흡수를 방해함을 알 수 있다¹²⁾.

Guar gum의 수준에 따른 영향을 보면 지방 섭취량은 각 실험 식이군간에 유의적인 차이가 없었으며 변 중 지방 배설량은 10GN이 5GN에 비하여 유의적으로 많이 배설되어 흡수율이 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 이는 guar gum의 수준이 증가할수록 점성이 강하므로 지방 입자를 흡착시

Table 4. Protein intake, fecal protein, urinary protein, protein apparent absorption and protein retention rate of the rats fed experimental diets

| Group | Protein intake (g/day) | Fecal protein (mg/day) | Urinary protein (mg/day) | Protein apparent absorption (%) | Protein retention rate (%) |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Kinds of fiber×Ca supplement | | | | | |
| 5CN | 4.22±0.33 ^{1)NS} | 194.30±20.22NS | 175.00±29.54NS | 95.39±0.29NS | 91.17±0.59NS |
| 5GN | 3.87±0.51 | 194.08±14.23 | 185.42±60.52 | 94.90±0.33 | 90.30±0.65 |
| 5CS | 4.30±0.45 | 246.79±8.72 | 152.08±36.50 | 94.17±0.44 | 90.58±1.10 |
| 5GS | 4.12±0.55 | 230.43±36.87 | 110.42±18.16 | 94.44±0.15 | 91.53±0.73 |
| Guar gum level | | | | | |
| FFN | 3.82±0.39NS | 156.98±61.86b* | 122.92±16.27a | 96.12±1.18a | 92.89±1.07a |
| 5GN | 3.87±0.51 | 194.08±14.23b | 185.42±60.52a | 94.90±0.33a | 90.30±0.65ab |
| 10GN | 3.76±0.28 | 279.52±33.05a | 105.13±22.03b | 90.42±0.34b | 88.42±0.56b |

1) : mean±SEM

NS : Not significant

* : Values within the same column with different alphabets are significantly different($p < 0.05$) among groups by Duncan's test

키브로서 지방의 흡수를 저하시키기 때문이다³³⁾.

5. Calcium의 섭취량, 배설량, 흡수율, 보유율

Ca의 섭취량, 변 및 뇨 중 배설량, 흡수율 및 보유율은 Table 6에 나타난 바와 같이 섬유소의 종류에 관계없이 정상 식이군보다 Ca 보충 식이군에서 Ca의 섭취량은 변중 배설량이 유의적으로 많았다($p < 0.05$).

뇨 중 Ca 배설량은 5GS가 가장 적었으며($p < 0.$

05) Ca의 흡수율과 보유율은 5GS와 5GN사이엔, 5CS와 5CN사이엔는 유의적인 차이는 없었지만, Ca의 수준이 같을 때는 guar gum식이군이 cellulose식이군 보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 이와 같이 5% guar gum은 cellulose에 비해 Ca 이용율이 높음을 알 수 있는데 이는 guar gum은 장내 세균에 의해 분해되므로 Ca 흡수를 방해하지 않으며, 장기간 guar gum을 섭취하여도 체내 Ca 이용율이 저해 효과를 주지 않는다는 Harmuth³⁴⁾의 실험결

Table 5. Fat intake, fecal fat and fat apparent absorption of the rats fed experimental diets

| Group | Fat intake (g/day) | Fecal fat (mg/day) | Fat apparent absorption (%) |
|-------------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|
| Kinds of fiber×Ca supplement | | | |
| 5CN | 1.06± 0.05 ^{1)NS} | 75.02± 17.08b* | 92.44± 0.27a |
| 5GN | 0.94± 0.12 | 69.66± 20.55b | 92.46± 2.29a |
| 5CS | 1.04± 0.11 | 129.31± 3.77a | 87.78± 2.04b |
| 5GS | 1.00± 0.13 | 131.60± 24.72a | 87.05± 0.93b |
| Guar gum level | | | |
| FFN | 0.93± 0.10NS | 30.74± 3.30b | 96.69± 0.02a |
| 5GN | 0.94± 0.12 | 69.66± 20.55b | 92.46± 2.29a |
| 10GN | 0.91± 0.07 | 151.12± 13.63a | 83.33± 1.68b |

1) : mean± SEM

NS : Not significant

* : Values within the same column with different alphabets are significantly different($p < 0.05$) among groups by Duncan's test

Table 6. Ca intake, fecal Ca, urinary Ca, Ca apparent absorption and Ca retention rate of the rats fed experimental diets

| Group | Ca Intake (mg/day) | Fecal Ca (mg/day) | Urinary Ca (mg/day) | Ca apparent absorption (%) | Ca retention rate (%) |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Kinds of fiber×Ca supplement | | | | | |
| 5CN | 51.02± 3.95 ^{1)b*} | 31.35± 3.23b | 4.97± 0.03a | 38.81± 1.95b | 28.94± 1.31b |
| 5GN | 53.44± 7.02 b | 16.82± 2.82b | 3.50± 0.17c | 68.82± 2.13a | 61.95± 1.46a |
| 5CS | 98.59± 7.52 a | 68.83± 4.47a | 4.54± 0.07b | 29.91± 3.04b | 25.26± 3.22b |
| 5GS | 98.71± 13.22 a | 47.36± 6.41a | 3.24± 0.10d | 51.96± 0.22a | 48.54± 0.71a |
| Guar gum level | | | | | |
| FFN | 52.70± 5.41NS | 24.73± 9.72a | 2.88± 0.05b | 55.76± 13.40a | 50.16± 12.82a |
| 5GN | 53.44± 7.02 | 16.82± 2.82b | 3.50± 0.17a | 68.82± 2.13a | 61.95± 1.46a |
| 10GN | 48.88± 3.62 | 26.54± 1.87a | 3.39± 0.03a | 45.66± 1.17b | 38.63± 1.38b |

1) : mean± SEM

NS : Not significant

* : Values within the same column with different alphabets are significantly different($p < 0.05$) among groups by Duncan's test

과와 같은 결과를 보였다.

그리고 Ca의 보충과 정상 수준 사이에 Ca의 흡수율과 보유율은 유의적인 차이는 없었지만 섬유소의 종류에 관계없이 Ca 보충식이군이 Ca 정상식이군보다 흡수율과 보유율이 낮은 경향이 있었다. 이는 고 Ca 섭취를 할 때 초래되는 Ca 흡수율의 저하는 Ca carrier system의 포화로 인한 것으로 생각된다³⁵⁾. 따라서 이러한 결과로 미루어 많은 양의 Ca 섭취는 체내 대사 측면에서 잘 이용되지 못하고 배설된다는 것을 알 수 있다.

Guar gum의 수준에 따른 Ca의 섭취량은 유의적인 차이가 없었으나, 변 중 Ca 배설량을 보면 10GN이 5GN보다 유의적으로($p < 0.05$) 많이 배설된 반면 노 중 Ca 배설량은 두 식이군간에 유의적인 차이가 없었다. Ca의 흡수율 및 보유율은 5GN이 10GN보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 따라서 장기간 guar gum을 섭취할 경우 5% 수준은 Ca 이용율을 저하시키지 않으나 10% 수준은 Ca 이용율을 저하시킬 것으로 생각된다.

6. Phosphorus의 섭취량, 배설량, 흡수율, 보유율

P의 섭취량, 변 및 노 중 배설량, 흡수율 및 보유율은 Table 7에 나타난 바와 같이 P의 섭취량은 Ca 보충 식이군이 유의적으로 높았으며($p < 0.05$),

노 중 배설량은 5GS가 다른 식이군에 비해 유의적으로 적었다($p < 0.05$). 그러나 변 중 배설량, 흡수율 및 보유율은 각 식이군간에 유의적인 차이가 없었다.

Guar gum의 수준에 따라 P의 섭취량은 유의적인 차이가 없으나 10GN이 5GN보다 변 및 노 중 P의 배설량이 유의적으로 적었으므로 P의 흡수율 및 보유율이 유의적으로 높았다($p < 0.05$).

7. 대퇴골의 무게, 길이, Ca 및 P의 함량

대퇴골의 무게와 길이는 5GS와 각 식이군간에 유의적인 차이가 없었다.

대퇴골내 Ca과 P의 함량은 Ca 보충 식이군이 정상 식이군보다 약간 높은 경향은 있지만 통계적으로 유의적인 차이는 없었다. 이러한 결과는 Ca 보충은 뼈의 석회질화에 유의적으로 도움을 준다는 기존의 연구¹²⁾¹⁶⁾와 다른 결과를 보였는데 이는 본 실험에서 Ca를 식이중에 2배로 보충했기 때문에 calcium carrier system이 포화되므로서³⁶⁾ Ca 이용율이 떨어진 것으로 생각된다. 그러므로 Ca를 식이중에 보충할 경우 세심한 주의를 기울여 적정량을 섭취시킨다면 효과적인 뼈의 석회질화가 이루어질 것이다. 또한 5% 수준에서 첨가된 섬유소의 종류에 따라 대퇴골의 길이나 대퇴골 안에 함유된 Ca, P의 함량에 큰 차이가 없었던 것으로 보아 guar gum

Table 7. P intake, fecal P, urinary P, P apparent absorption and P retention rate of the rats fed experimental diets

| Group | P Intake (mg/day) | Fecal P (mg/day) | Urinary P (mg/day) | P apparent absorption (%) | P retention rate (%) |
|------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|
| Kinds of fiber×Ca supplement | | | | | |
| 5CN | 116.27± 9.00 ^{1) b*} | 40.79± 8.13NS | 4.46± 0.51a | 65.08± 6.34NS | 61.14± 6.42NS |
| 5GN | 131.79± 17.31 b | 25.31± 3.79 | 4.09± 0.82a | 80.24± 0.50 | 77.85± 0.65 |
| 5CS | 202.39± 25.92 a | 48.32± 6.38 | 4.79± 0.52a | 82.24± 0.51 | 81.04± 0.74 |
| 5GS | 193.58± 21.88 a | 34.14± 6.45 | 2.19± 0.21b | 76.23± 0.76 | 73.83± 0.51 |
| Guar gum level | | | | | |
| FFN | 118.67± 11.22NS | 33.25± 14.02a | 3.76± 0.56b | 73.68± 9.03b | 70.38± 8.35b |
| 5GN | 131.79± 17.31 | 25.31± 3.79a | 4.09± 0.82a | 80.90± 0.50b | 77.85± 0.65b |
| 10GN | 125.32± 9.29 | 14.54± 2.52b | 2.91± 0.93b | 88.53± 1.22a | 86.08± 1.23a |

1) : mean± SEM

NS : Not significant

* : Values within the same column with different alphabets are significantly different($p < 0.05$) among groups by Duncan's test

첨가가 Ca과 P의 이용에 좋지않는 영향은 주지 않는다고 생각된다.

Guar gum의 수준에 따른 대퇴골의 무게와 길이는 유의적인 차이가 없었으나, 대퇴골의 Ca과 P의 함량은 10GN이 5GN보다 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 이는 Gadin³⁷⁾의 연구에서 언급된 바와 같이 10GN이 5GN에 비해 뼈로의 Ca 흡수가 불량하기 때문이다. 따라서 많은 양의 guar gum의 섭취는 뼈의 Ca 함량을 낮추므로 guar gum의 섭취량을 결정할 때 주의해야 할 것이다.

8. 신장의 무게, Ca과 P의 함량 및 신장의 Ca 침착 정도

신장의 무게 및 Ca과 P함량은 Table 9에 나타난 바와 같이 신장의 무게와 P의 함량은 5GS와 각 식이군들간에 유의적인 차이가 없었다. 신장의 Ca 함량은 Ca보충 식이군에서 유의적으로 높았는데 ($p < 0.05$) 이는 많은 양의 Ca 섭취는 신장내에 Ca 침착을 증가시킨다는 Hoek²⁰⁾의 연구와 부합한다. 그러나 신장내의 Ca 함량은 첨가된 섬유소의 종류에 따라 뚜렷한 차이가 없었다.

Table 8. Total dry weights, length, Ca and P contents of femur of the rats fed experimental diets

| Group | Dry Wt (g) | Length (cm) | Femur Ca (mg) | Femur P (mg) |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------|----------------|---------------|
| Kinds of fiber×Ca supplement | | | | |
| 5CN | 0.51±0.02 ¹⁾ NS | 3.50±0.14NS | 114.71± 9.22NS | 63.87± 1.60NS |
| 5GN | 0.51±0.01 | 3.60±0.05 | 120.12± 3.72 | 63.76± 0.96 |
| 5CS | 0.51±0.02 | 3.63±0.03 | 126.12± 12.26 | 70.50± 5.69 |
| 5GS | 0.48±0.03 | 3.55±0.06 | 122.89± 5.72 | 65.12± 2.53 |
| Guar gum level | | | | |
| FFN | 0.52±0.02NS | 3.62±0.02NS | 121.67± 7.91a* | 58.77± 4.85ab |
| 5GN | 0.51±0.01 | 3.60±0.05 | 120.12± 3.72a | 63.76± 0.96a |
| 10GN | 0.46±0.01 | 3.50±0.05 | 98.61± 3.15b | 56.21± 4.38b |

1) : mean± SEM

NS : Not significant

* : Values within the same column with different alphabets are significantly different($p < 0.05$) among groups by Duncan's test

Table 9. Total Dry weights, Ca and P contents of kidney of the rats fed experimental diets

| Group | Dry Wt (g) | Kidney Ca (mg) | Kidney P (mg) |
|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------|
| Kinds of fiber×Ca supplement | | | |
| 5CN | 0.35±0.01 ¹⁾ NS | 0.44±0.07b ¹⁾ | 3.41±0.33NS |
| 5GN | 0.34±0.01 | 0.41±0.06b | 2.90±0.33 |
| 5CS | 0.32±0.02 | 0.77±0.17a | 2.81±0.47 |
| 5GS | 0.31±0.04 | 0.79±0.02a | 2.82±0.80 |
| Guar gum level | | | |
| FFN | 0.37±0.03NS | 0.57±0.09a | 3.53±0.21NS |
| 5GN | 0.34±0.01 | 0.41±0.06b | 2.90±0.33 |
| 10GN | 0.32±0.02 | 0.57±0.05a | 3.00±0.20 |

1) : mean± SEM

NS : Not significant

* : Values within the same column with different alphabets are significantly different($p < 0.05$) among groups by Duncan's test

Guar gum의 수준에 따라 신장의 무게와 P의 함량은 유의적인 차이가 없었으나 신장의 Ca 함량은 10GN이 5GN보다 유의적으로 많은 양이 침착되었다($p < 0.05$).

10% guar gum은 5%보다 체내 Ca 이용률을 낮추므로(Table 6) 뼈로의 Ca 침착이 유의적으로 낮았는데(Table 9) 비해 신장의 Ca 함량이 증가된 것으로 생각된다. 따라서 10% guar gum을 장기간 섭취할 경우 신결석에 걸릴 우려가 있으므로 주의해야겠다.

신장의 Ca 침착 정도를 조직학적으로 나타낸 결과는 Table 10에 나타난 바와 같다. 신장의 Ca 함량(Table 9)과 조직학적으로 나타낸 Ca 침착 정도는 거의 일치하므로 신장의 Ca 함량이 많을수록 신장내 Ca 침착정도가 심하다는 National Research Council의 보고³⁸⁾ 및 Adams등³⁹⁾의 보고와 같다.

부위별 Ca의 침착상태를 보면 5CN에서는 수질 부분에 Ca이 미량 침착되었으며, 5GN에서는 피질 부분에 미량의 Ca이 침착되었다. 5CS와 5GS에서는 각 피질에 중정도의 침착상태를 보여주고 FFN은 피질 부분에서 Ca이 약간 침착되었고, 10GN에서는 피질에 약간 침착되었으며, 수질에는 미량으로 침착되었다.

본 연구의 결과에서 대체로 모든 식이군들의 신장에 Ca의 침착 현상이 나타나고 있는데 이는 AIN-76 식이 권장량¹⁸⁾ 자체에 CaHPO_4 의 함량이

높았기 때문인 것으로 사료된다. Philips는 AIN-76 식이 권장량에 따른 식이를 장기간 섭취할 경우 신장내 Ca 침착현상이 나타나므로 CaHPO_4 의 함량을 500mg/kg diet에서 400mg/kg diet로 감소시킬 것을 권장하고 있는데⁴⁰⁾ 본 연구자도 이와 의견을 같이 한다.

결 론

본 연구는 식이중 guar gum과 Ca 보충 및 guar gum 수준이 흰쥐의 체내 영양소(에너지, 단백질, 지방, Ca, P)의 대사에 미치는 영향을 조사하기 위해 Sprague-Dawley계(평균 체중 50g) 흰쥐 36마리에게 6가지 식이(5% cellulose 식이, 5% guar gum 식이, Ca 보충 5% cellulose 식이, Ca 보충 5% guar gum 식이, 무섬유소 식이, 10% guar gum식이)로 8주간 사육하였다.

얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 식이 섭취량, 체중 증가량, 식이 효율 및 단백질 효율은 5GS와 다른 식이군간에 유의적인 없었으며, 식이중 guar gum의 수준에 따라 식이섭취량은 유의적인 차이가 없었으나 체중 증가량은 guar gum의 수준이 증가할수록 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 식이효율 및 단백질 효율은 낮은 경향이 있었다.

2) 에너지 흡수율과 보유율은 5GS와 5GN간에는 유의적인 차이가 없었지만 5GS은 5CN, 5CS보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 식이중 guar gum의 수준이 증가할수록 에너지 흡수율과 보유율이 유의적으로 감소되었다($p < 0.05$).

3) 단백질 흡수율 및 보유율은 5GS와 다른 식이군간에 유의적인 차이가 없었으나, 식이중 guar gum의 수준이 증가할수록 단백질 흡수율과 보유율이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$).

4) 지방의 흡수율은 같은 수준의 Ca 급여군에서는 섬유소의 종류에 따라 유의적인 차이가 없었지만 Ca 정상 식이군보다 Ca 보충 식이군에서 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 식이중 guar gum의 수준이 증가할수록 지방의 흡수율이 유의적으로 낮았다($p < 0.05$).

Table 10. Arbitrary symbol used to denote severity of nephrocalcinosis

| Group | Cortex | Medulla |
|-------|--------|---------|
| 5CN | - | ± |
| 5GN | ± | - |
| 5CS | ++ | + |
| 5GS | ++ | - |
| FFN | + | - |
| 10GN | + | ± |

- non deposit

± trace deposit

+ week deposit

++ moderate deposit

+++ strong deposit

5) Ca 흡수율 및 보유율은 5GS와 5GN 사이에는 유의적인 차이가 없었지만, 5GS는 5CN보다 5CS보다 흡수율과 보유율이 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 식이중 guar gum의 수준이 증가할수록 Ca 흡수율과 보유율이 유의적($p < 0.05$)으로 감소하였다.

6) P 흡수율과 보유율은 5GS와 다른 식이군간에 유의적인 차이가 없었다. 식이 중 guar gum의 수준이 증가할수록 P 흡수율 및 보유율이 유의적으로 높았다($p < 0.05$).

7) 대퇴골내 Ca과 P의 함량은 5GS과 다른 식이군간에 유의적인 차이가 없었으며, 10GN은 5GN보다 대퇴골내 Ca과 P의 함량이 유의적으로 낮았다($p < 0.05$).

8) 신장내 Ca 함량은 5GS와 5CS간에는 유의적인 차이가 없지만, 5GS는 5CS, 5GN보다 신장내 Ca의 함량이 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 그러나 신장내 P의 함량은 각 식이군간에 유의적인 차이가 없었다.

10GN은 5GN보다 유의적으로 많은 양의 Ca이 침착되었으나($p < 0.05$) P의 함량은 유의적인 차이가 없었다.

이상의 결과와 같이 5% guar gum과 calcium 보충식이를 흰쥐에게 장기간 섭취시켰을 때 체내 지방의 이용율을 제외한 그 밖의 다른 영양소의 이용율을 저하시키지 않음을 알 수 있었다. 그러나 Ca 보충 급여는 일반적으로 뼈의 석회질화에 유리하다고 알려져 있으나, 본 연구에서 뼈의 석회질화에 별 도움을 주지 않았는데 이는 식이중 Ca 함량이 너무 많았기 때문으로 짐작된다.

따라서 식이에 guar gum과 Ca을 함께 보충할 경우 Ca의 함량을 고려하여 섭취시킬 경우 다른 체내 다른 영양소의 이용율을 저해함이 없이 뼈의 석회질화에도 도움을 줄 것이다.

그리고 10% guar gum은 5% guar gum에 비해 흰쥐의 인의 이용율을 제외한 그 밖의 영양소대사를 전반적으로 감소시키나 체중 감소를 위해 단기간의 10% guar gum 식이의 섭취는 비만 치료에 좋은 효과를 줄 수 있다. 그러나 혈관계 질환이 있는 사람이나 당뇨병 환자가 포만감과 혈당유지 및 혈중

cholesterol수준을 감소시키기 위해서 장기간 섭취할 때는 세심한 주의가 필요하다고 생각된다.

Literature cited

- 1) Blackburn NA, Redfern JS. The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in men. *Clinical Science* 66 : 329-336, 1984
- 2) Wilmschurt P, Crawley JCW. The measurement of gastric transit time in obese subjects using ^{24}Na and the effects of energy content and guar gum on gastric emptying and satiety. *Br J Nutr* 44 : 1-7, 1980
- 3) Marcin K. Effect of guar gum on the arterial blood pressure. *Acta Med Scand* 222 : 43-49, 1987
- 4) Kelsay JL, Behall KM. Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects : Fiber intakes, fecal excretions, and apparent digestibilities. *Am J Clin Nutr* 34 : 1849-1852, 1981
- 5) Kelsay JL, Behall KM, Elizabeth SP. Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects. 1. Bowel transit time, number of defecations, fecal weight, urinary excretion of energy and nitrogen, and fat. *Am J Clin Nutr* 31 : 1149-1153, 1978
- 6) Mickelson O, Makdani DD, Cotton RH, Titcomb ST, Colney JC, Gatty R. Effects of a high fiber bread diet on weight loss in college-age males. *Am J Clin Nutr* 32 : 1703-1709, 1979
- 7) Kay RM, Truswell AS. Effect of citrus pectin on bolal lipids and fecal steroid excretion in man. *Am J Clin Nutr* 30 : 171-175, 1977
- 8) Nalini S, Mokhtar TA, Raymond RM, Peter LP. Effect of dietary fiber components on fecal nitrogen excretion and protein utilization in growing rats. *J Nutr* 112 : 658-666, 1982
- 9) Kawatra BL, Garcha JS, Wagle DS. Effect of feeding guar gum and guar meal on nitrogen balance and on intestinal absorption of amino acids. *J Res Punjab Agric Univ* 8 : 227-231, 1971
- 10) McNair P, Madsbad S, Christiansen C. Bone loss in dietetes ; Effects of malabak state. *Diabetologia* 283 : 6, 1979

- 11) 박면에 · 입숙자 · 유정렬. 당뇨병 환자의 혈액성분 고찰 및 혈중 Ca 농도에 대한 1,25-Dihydroxy-cholecalciferol의 급여 효과. *한국영양학회지* 17(4) : 273-280, 1984
- 12) Lindsay HA. Calcium bioavailability and absorption : A review¹⁻³. *Am J Clin Nutr* 35(4) : 783-808, 1982
- 13) Spencer H, Kramer NS, Dace O. Effect of calcium on phosphorus metabolism in man. *Am J Clin Nutr* 40 : 219-225, 1984
- 14) Nancy ML, Mary SK, Greger JL. Calcium supplements and milk : effect on acid-base balance and on retention of calcium, magnesium, and phosphorus. *Am J Clin Nutr* 49 : 527-533, 1989
- 15) 유춘희. 곡류, 야채식의 영양소 보완이 흰쥐의 성장에 미치는 영향(II). - Calcium 대사를 중심으로 - *대한가정학회지* 20(2) : 103-111, 1982
- 16) Lee CJ, Lawler GS, Johnson GH. Effect of supplementation of the diets with calcium and calcium-rich foods on bone density of elderly females with osteoporosis. *Am J Clin Nutr* 34 : 819-823, 1981
- 17) 한인규. 영양학 실험법. 동명사, 1983
- 18) AIN ; Report of the American Institute of Nutrition, Ad Hoc Committee on standards for Nutritional studies¹. *J Nutr* 107 : 1340-1348, 1977
- 19) Rogers QR, Harper AE. Amino acid diets and maximal growth in the rat. *J Nutr* 87 : 267-273, 1965
- 20) Hoek AC, Lemmens AG. Influence of dietary calcium : Phosphorus ratio on mineral excretion and nephrocalcinosis in femal rats. *J Nutr* 118 : 1210-1216, 1988
- 21) 한인규. 쥐의 노 질소 함량으로부터 노 에너지의 산출법. *한국농화학회지* 7 : 29-33, 1966
- 22) Willis JB. Determination of Ca, and Mg and in urine by Atomic Absorption Spectroscopy. *Analytical Chemistry* 33(4) : 556-559, 1961
- 23) 신호선. 식품분석. 신광출판사, 1983
- 24) Fisk CH, Subbarow Y. The calorimetric determination of phosphorus. *J Biol Chem* 66 : 375-400, 1925
- 25) Disbrey BD, Rack JH. Histological laboratory methods. Livingstone, Edinburgh, 1970
- 26) Lawrence BC, Oscar NR, Thomas VE. A method of demonstrating calcium in tissue sections using chloranilic acid. *J Histochemical Cytochem* 9 : 415-417, 1961
- 27) Marija JN. SPSS/PC⁺ For the IBM PC XT/AT. SPSS Inc, 1986
- 28) Shi YS, George WC. Effects of certain dietary fibers on apparent permeability of the rat intestine. *J Nutr* 116 : 223-232, 1986
- 29) Fleischman AL, Yacowitz H, Hayton T, Bierenbaum ML. Effects of dietary calcium upon lipid metabolism in Mature male rats feed beef tallow. *J Nutr* 88 : 255-160, 1966
- 30) Dougherty RM, Lacono JM. Effects of Dietary calcium on blood and tissue lipids. Tissue phospholipids, calcium and magnesium levels in rabbits fed diets containing beef tallow. *J Nutr* 109 : 1934-1945, 1979
- 31) Wolever TMS, Jenkins DJA. Guar gum and reduction of post-prandial glycemia : Effect of incorporation into solid food, liquid food, and both. *Br J Nutr* 41 : 505-510, 1979
- 32) Nalini S, Raymond RM, Peter LP. Effect of guar gum, lignin and pectin on proteolytic enzyme levels in the gastrointestinal tract of the rat : A time-Based study. *J Nutr* 116 : 786-794, 1986
- 33) Vahouny GV, Tombes R, Cassidy MM. Dietary fibers : Binding of fatty acids and monolein from mixed micelles containing bile salts and lecithin. *Proc Soc Exp Biol Med* 166 : 12-16, 1981
- 34) Harmuth H, Anna E. Effect of dietary fiber on mineral absorption in growing rats. *J Nutr* 110 : 1774-1784, 1980
- 35) Leeds AR, Wolever TMS, Jenkins DJA, et al. Unabsorbable carbohydrates and diabetes decreased postprandial hyperglycemia. *Lancet* 2 : 172-174, 1976
- 36) Oku T, Koniski F, Hosoya N. Mechanisms of inhibitory effect of unavailable carbohydrate on intestinal Ca absorption. *J Nutr* 112 : 410-415, 1982
- 37) Gatlin MM, Menaughton JP. Calcium and iron status in diabetic and control rats fed guar gum and fructose. *Nutr Rep Inc* 28(6) : 1207-1215, 1983
- 38) National Research Council ; Nutrient requirements of laboratory animals. 3rd ed., National Academy of Sciences Washington DC, 1978

- 39) Adams C, Hoitinga JR, Lemmens AG, Beynen AC. Dietary Restriction of phosphorus and nephrocalcinosis in two inbred strains of rats. *Nutr Rep Inc* 40(5) : 923-929, 1989
- 40) Philip GR. AIN-76 Diet ; Should we change the formulation ? *J Nutr* 119 : 1081-1082, 1989