

메밀 보충급여가 백서의 혈당 및 혈압에 미치는 영향

최면[†] · 김종대* · 박경숙* · 오상용** · 이상영*

강원대학교 축산가공학과

*강원대학교 식품공학과

**한국식품개발 연구원

Effect of Buckwheat Supplementation on Blood Glucose Levels and Blood Pressure in Rats

Myeon Choe[†], Jong-Dai Kim*, Kyung-Suk Park*
Sang-Yong Oh** and Sang-Young Lee*

Dept. of Animal Products Science, Kangweon National University, Chuncheon 200-701, Korea

*Dept. of Food Science and Technology, Kangweon National University, Chuncheon 200-701, Korea

**Korea Food Research Institute, Hwa sung-kun, Kyung ki-do 445-820, Korea

Abstract

To investigate possible effects of buckwheat on blood glucose level and blood pressure, Sprague-Dawley rats were divided into two groups and fed either AIN-76 diet or modified AIN-76 diet with buckwheat flour for 4 weeks. At the end of experiment, determinations of blood pressure and blood glucose level(glucose tolerance test) were performed. In order to determine insulin levels in both fasted and glucose loaded serum, the animals in both groups were subdivided into two groups. Blood pressure was slightly decreased in the group fed buckwheat(-6mmHg) but not significantly. Glucose tolerance curve of the animal fed buckwheat flour showed clearly different pattern from that of the control group with decreasing tendency. Mobilization of serum insulin was 1.5 times faster in buckwheat group than in control group 1 hour after glucose loading. Further research is needed to find what substance(s) in buckwheat do this role.

Key words : buckwheat flour, serum glucose, insulin, blood pressure

서 론

메밀 (Buckwheat ; *Fagopyrum esculentum* Moench)은 arginine, leucine 등 필수아미노산과 불포화 지방산의 함량이 많고 Ca, Fe, Mg, Se, Mn 등의 무기물 및 각종 수용성 단백질도 풍부하게 함유하고 있어 영양

학적으로 그 가치가 높이 평가되고 있는 식물이다^{1~3}. 현재까지 메밀에 관한 연구는 메밀을 많이 섭취하는 일본과 대량 생산하는 카나다에서 주로 이루어지고 있으며 지방산 조성에 관한 연구^{4,5}, 메밀 단백질에 관한 연구^{6,7}, 메밀의 갈색화와 색도의 평가⁸, 트립신 저해제와 메밀 단백질의 품질에 대한 영향^{9,10}, 메밀에 함유된 rutin 측정과 분해에 관한 연구^{11,12,13} 등이 보고되어 있다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

메밀에는 혈관저항을 강화시키는 rutin이라는 flavonoid계 성분이 함유되어 있어 아스코르빈산과 같이 사용하면 모세혈관의 취약성을 방지하고 뇌일혈을 예방하며¹³⁾ 고혈압 치료에 효과가 있음이 알려져 왔다. 또한 한방에서는 이질과 대하증을 멎게 하고 해독, 창종제거, 위장염, 대장염 등에 유효할 뿐만 아니라 기억력을 좋게 해주는 건강식품으로도 알려져 왔다. 이러한 메밀의 약리학적 특성을 고려해 볼 때 메밀을 이용한 가공식품의 다양화와 소비증대를 꾀하는 것은 국민보건 향상 및 성인병 예방에 가치가 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 메밀의 특수 영양학적인 유용성을 검토하기 위하여 Sprague-Dawley계 웅성백서에 메밀을 보충급여하여 혈압과 혈당 및 인슐린 분비능에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

메밀원료

본 실험에 사용한 메밀원료는 강원도 홍천군 내면에서 수확 직후의 것을 구입하였으며 사용 직전 박피하여 메밀분을 만들어 사용 하였다. 메밀분의 일반성분은 Table 1과 같다.

Table 1. Proximate composition of buckwheat flours (%)

| Ingredients | Control group | Buckwheat fed group |
|--------------------|---------------|---------------------|
| Casein | 20.0 | 14.0 |
| DL-methionine | 0.3 | 0.3 |
| Corn oil | 5.0 | 3.5 |
| AIN mineral mix | 3.5 | 2.5 |
| AIN vitamin mix | 1.0 | 1.0 |
| Choline bitartrate | 0.2 | 0.2 |
| Alphacel | 5.0 | 5.0 |
| Sucrose | 50.0 | 23.5 |
| Corn starch | 15.0 | 0.0 |
| Buckwheat flour | 0.0 | 50.0 |

실험동물 사육

실험동물은 체중 85 ± 6.5 g의 Sprague-Dawley계 웅성백서를 구입하여 1주간 고형사료(제일사료 회사)로 적응시킨 후 1마리씩 사육 cage에 넣어 4주간 해당식이로 사육하였다. 사육실 온도는 25 ± 2 °C, 습도는 60%로 유지하고 12시간 간격으로 점등 및 소등하였다. 물은 증류수를 사용하였으며 증류수 및 식이는 자의 대로 섭취토록 하였다. 또한 실험기간동안 식이섭취량 및 체중증가량은 매 2일마다 측정하였다.

실험방법 및 식이

메밀의 영양학적인 특성을 검토하기 위하여 대조군의 실험식이는 Table 2와 같이 AIN-76 diet를 사용하였고 메밀 보충급여군은 AIN-76 diet의 탄수화물원을 메밀분으로 대체하여 각각의 식이를 4주간 섭취시켰다. 메밀 보충급여군의 경우 메밀분 내의 탄수화물 이외의 영양소 함량을 고려하여 casein, corn oil, mineral의 양을 감소시켜 식이를 제조 투여하였다. 탄수화물원을 메밀분으로 대체 사용하는 과정에서 최대한 대조군과 균형이 맞도록 노력했으나 본 실험의 목적상 메밀이 총식이의 50% 이상이 되도록 하는 것이 중요하다고 판단되었으며 이 과정에서 두 군 사이의 단당류와 다당류의 구성비가 일치될 수 없었다.

Table 2. Composition of experimental diets (%)

| Ingredients | Control group | Buckwheat fed group |
|--------------------|---------------|---------------------|
| Casein | 20.0 | 14.0 |
| DL-methionine | 0.3 | 0.3 |
| Corn oil | 5.0 | 3.5 |
| AIN mineral mix | 3.5 | 2.5 |
| AIN vitamin mix | 1.0 | 1.0 |
| Choline bitartrate | 0.2 | 0.2 |
| Alphacel | 5.0 | 5.0 |
| Sucrose | 50.0 | 23.5 |
| Corn starch | 15.0 | 0.0 |
| Buckwheat flour | 0.0 | 50.0 |

혈압측정

실험개시 직전과 각각의 해당식이를 4주간 투여한 후의 systolic arterial blood pressure (SABP)를 측정하였다. 쥐들을 37°C 에서 15분간 따뜻하게 하여 안전화시킨 후 blood pressure monitor (Rhema-Labortechnic, Kahl Kolb, W. Germany)를 이용하여 꼬리로부터 SABP를 항상 같은 시간과 조건에서 3회 반복 측정하였다. 혈압변화의 정도를 판단하기 위하여 임상실험에서 보편적으로 사용하는 판단기준을 사용하였는데 혈압의 변화가 $0 \sim \pm 5\text{mmHg}$ 이면 변화가 없는 것으로, $\pm 10 \sim 20\text{mmHg}$ 이면 유의적 변화가 있는 것으로 결정하여 이 실험에 적용하였다.

Glucose tolerance test (GTT)

4주간 각각의 해당식이 투여가 끝나게 되면 12시간 절식시킨 다음 10%당용액을 제조하여 체중 1kg당

1g의 glucose가 되도록 oral zonde를 사용하여 경구투여하고 0, 0.5, 1, 1.5, 2시간 후에 꼬리정맥에서 혈액 0.1ml를 채취하여 간이혈당계 (Glucometer II, Model 550, Miles Inc.)를 이용하여 혈당을 2회 반복측정하였다.

인슐린 분비능 측정

혈압측정과 GTT를 끝낸 24시간 후에 다시 12시간 절식시키고 각 실험군을 2개의 아군으로 각각 나누어 한 군은 즉시 희생시켜 포도당 경구 투여전의 insulin을 측정하는데 사용하였고 나머지 한 군은 포도당 용액을 경구투여한 후 (1g glucose/kg of body weight) 1시간 뒤 희생시켜서 혈중 인슐린 분비능을 측정하였다. 인슐린 측정은 insulin radioimmunoassay (Dinabot 사, 일본)를 사용하여 방사면역 측정법¹⁴에 따라 측정하였다. 즉 각 군으로부터 혈액을 채취하여 혈청 100μl와 각 농도의 인슐린 표준액을 100μl씩 각각의 시험관에 넣은 후 I^{125} 표지 인슐린액 300μl를 넣었다. 연속하여 인슐린 항체 bead 1개를 모든 시험관에 넣고 25°C에서 20시간 반응시켰다. 그 후 중류수 1ml를 가하고 반응액을 제거한 다음 항인슐린 항체와 결합한 I^{125} 표지 인슐린의 방사능(B)와 I^{125} 표지 인슐린의 총방사능(T)를 gamma counter (1272 Clinigamma counter, LKB)로 측정하였다. B/T%를 각 농도의 인슐린 표준액으로부터 구하여 표준곡선을 얻은 다음 시료의 값을 구했다.

결과 및 고찰

체중 증가량, 식이 섭취량 및 식이 효율

각 군 모두 실험식이에 잘 적응하였으며 실험 종료 시 모두 양호한 상태였다. 각군의 체중 증가량, 식이

Table 3. Effect of buckwheat supplementation on body weight gain, feed intake and F.E.R during the experiment

| Group | Body weight gain (g) | Feed intake (g) | F.E.R* |
|-----------|-------------------------|--------------------|--------|
| Control | 167.3±11.9 | 406.3±28.9 | 0.408 |
| Buckwheat | 167.3±6.8 | 420.0±24.5 | 0.398 |

*F.E.R. = $\frac{\text{Body weight gain in 4 weeks(g)}}{\text{Feed intake in 4 weeks(g)}}$

섭취량 및 식이 효율은 Table 3과 같다. 실험 기간동안 각군의 체중 증가량, 식이 섭취량 및 식이효율에 있어서 큰 차이점을 찾아볼 수 없어서 두 실험군에 사용된 식이 모두 영양학적으로 또 소화 흡수정도 면에서 양호한 것으로 보인다.

혈압에 미치는 영향

실험 개시전과 4주간 각각의 해당 식이를 투여한 후의 혈압을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 4주간 식이 투여 후 대조군은 실험 개시전과 비교하여 혈압의 변동이 거의 없었으나 메밀 보충급여군에 있어서는 실험 개시전보다 혈압이 6.5mmHg정도 낮아진 수치 변화를 보여 실험재료 및 방법에서 언급한 기준에 의하면 어느정도 혈압을 강하시키는 효과가 있는 것으로 판단할 수 있었다.

Table 4. Blood pressure values of tested groups before and after the experiment

(mmHg, Mean ± S.D.)

| Group | Number of animal | Before | After | Difference |
|-----------|------------------|------------|------------|------------|
| Control | 14 | 135.3±5.8 | 135.3±2.9 | 0 |
| Buckwheat | 14 | 143.3±10.7 | 136.8±10.7 | -6.5 |

이러한 혈압 강하 작용은 메밀중에 함유되어 있는 flavonoid의 일종인 rutin 성분의 약리작용에^{15, 16} 의 한 것이라 추측되지만 본 실험은 순수한 rutin의 공급에 의한 혈압 변화측정이 목적이 아니라 메밀을 식이에 혼합하였을 때도 혈압 변화를 볼 수 있는지를 측정해 보고자 시도하여 이와 같은 결과를 얻었다. Matsubara 등¹⁷은 Citrus unshiu 껍질에서 추출한 같은 계열의 flavonoid 배당체인 3,6-di-O-glucosylapigenin과 rutin을 SHR rats에 투여 (1mg/100g body weight) 한 결과 혈압을 낮추는 효과를 볼 수 있었다고 하여 본 실험과 유사한 경향을 보여 주었다.

Glucose tolerance test (GTT)

GTT의 결과는 Fig. 1에서와 같이 glucose 투여직전의 각 군별 혈당치 (0 hr)를 0으로 하고 그 후로부터의 시간별 변화를 평균치로 표시하였다. 무작위적인 군별 배치에도 불구하고 glucose 투여 전 대조군의 공복혈당 평균치가 대조군에 비하여 17mg/dl 이상 높았으며 표준편차도 매우 커다. 이와 같은 현상은

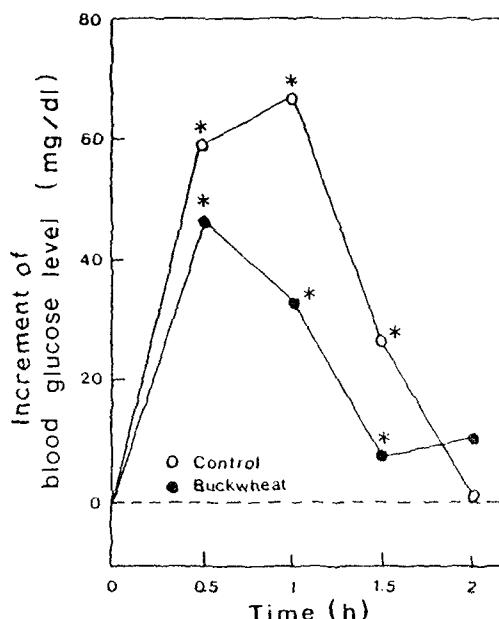


Fig. 1. Mean differences of blood glucose increment during glucose tolerance test. Initial blood glucose levels of control and buckwheat-fed group were 68.6 ± 6.4 and 86.3 ± 19.3 mg/dl, respectively.

*Values between two groups in same tested time were different statistically ($p < 0.05$)

insulin 측정실험에서도 나타난 단순한 실험오차가 아니라 무작위 배치후 실험군간, 실험군내의 개체차이라는 것이 판명되었다. 메밀 보충급여군과 대조군의 혈당치는 각각 포도당 투여 후 30분과 60분 후에 최고치를 나타내 보통 정상인에게 있어서 포도당 투여 후 30분~60분 후에 최고 혈당치를 보이는 것과 유사한 경향을 보였으며¹⁸, 그 후 시간의 경과에 따라 감소하였다.

이와같이 시간의 경과에 따라 혈당이 떨어지는 것은 간의 glycogen 합성과 insulin의 작용, 말초 조직의 glucose 항진 등에 의한 것으로 사료된다. 메밀 보충급여군의 경우 포도당 투여 후 30분, 60분, 90분 후의 혈당치가 대조군에 비하여 각각 $12.5\text{mg}/\text{dl}$, $34.4\text{mg}/\text{dl}$, $18.5\text{mg}/\text{dl}$ 으로 유의하게 낮아졌으나 ($p < 0.05$) 오히려 2시간 뒤에는 약간 높은 수준의 혈당치를 보이고 있다. Jenkins 등^{19, 20}에 의하면 음식물 섭취에 의한 혈당 및 인슐린 분비는 관강내의 소화율에 달려 있다고 보고하였다. 한편 Koh 등²¹은 정상인에게 메밀, 감자, 쌀 등을 급여한 결과 메밀의 혈당

변화가 가장 낮았고 다음으로 감자, 쌀 순으로 나타났다고 보고하였으며, Borchers²²는 아밀로펩틴 함량이 높은 전분이 아밀로스 함량이 높은 전분보다는 쥐에서 더 빨리 소화 된다고 보고 하였다. 메밀의 전분 구성에 따른 소화율과 이에따른 혈당변화 기작에 관해서는 추후 좀더 자세한 연구가 필요하리라 사료된다. 메밀의 보충급여군이 대조군에 비하여 혈당의 상승이 낮아지는 실험 결과로 보아 메밀은 당뇨병과 같은 성인병 예방에 어느정도 유효할 것이라 판단된다.

인슐린 분비능에 미치는 영향

인슐린은 췌장의 β 세포에서 분비되는 호르몬으로서 근육, 지방조직, 간장에 대해 당의 이용을 촉진시켜 주는 역할을 하는 펩티드 호르몬이다²³. 특히 당대사에 있어서 가장 중요한 호르몬으로 혈중 인슐린 측정은 당대사 이상을 일으키는 질환의 진단 및 병태의 파악에 대단히 유용하다²⁴. 4주간 해당 식이를 투여하여 공복시와 포도당 경구투여 1시간 후의 혈중 인슐린 분비능을 살펴본 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Serum insulin levels of experimental groups
($\mu\text{U}/\text{ml}$ of serum, Mean \pm S.D.)

| Group | From fasting blood | From 1 hour after glucose feeding | $\Delta \mu\text{U}$ |
|-----------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Control | $26.01 \pm 9.82(n=7)$ | $30.99 \pm 4.57(n=7)$ | 4.98 |
| Buckwheat | $20.89 \pm 2.85(n=7)$ | $28.13 \pm 4.95(n=7)$ | 7.24 |

대조군은 공복시와 비교하여 포도당 투여 1시간 후의 인슐린 분비가 $4.98 \mu\text{U}/\text{ml}$ 증가한 반면 메밀 보충급여군은 $7.24 \mu\text{U}/\text{ml}$ 증가한 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 없었다($p < 0.05$).

Glucose tolerance test에서는 포도당 투여 한시간 후 대조군의 혈당이 메밀 투여군에 비해 유의적으로 높았으나 인슐린 분비는 낮은 경향을 보였다. 이는 Koh 등²¹의 실험 결과 즉, 정상인에서 인슐린 활성은 메밀을 섭취한 경우가 백미나 감자를 섭취한 경우와 비교하여 약간 낮은 수치를 보인다고 보고한 바 있으나 본 실험에서는 이와 상반되는 결과가 관찰 되었다. 한편 Crapo 등²⁵이 당뇨병환자에게 포도당과 감자, 쌀, 옥수수, 빵 등을 급여하여 혈중 인슐린활성을 측정한 결과를 보면 공복시와 섭취후 1시간후의 인슐린 활성증가는 포도당 ($36 \mu\text{U}/\text{ml}$), 감자 ($44 \mu\text{U}/\text{ml}$), 쌀 ($8 \mu\text{U}/\text{ml}$), 옥수수 ($17 \mu\text{U}/\text{ml}$), 빵 ($25 \mu\text{U}/\text{ml}$)

U/ml) 등으로 나타남으로써 탄수화물 급원에 따라 인슐린 활성이 다르다고 보고한 바 있어서 인슐린 활성은 탄수화물 식이원의 종류에 따른 혈당 변화정도와 잘 일치하지 않는 듯하며 동물종류에 따른 차이나 개체차이등이 고려되어야 할 것이다. 인슐린 활성이 각각의 식이성분에 따라 어떻게 증감 하는지와 이의 생화학적인 변화기작등은 좀더 많은 연구가 행해진 뒤에야 고찰이 가능하리라 믿어진다.

요 약

메밀보충급여가 백서의 혈압 및 혈당에 미치는 효과를 검토 하고자 AIN-76 diet와 AIN-76 diet의 탄수화물원을 박피 메밀분으로 교체한 식이로 4주간 사육하여 성장을, 혈당, 인슐린 분비능, 혈압 등의 변화를 측정하고 고찰한 결과는 다음과 같다. 동일실험기간동안 체중증가량 및 식이섭취량은 대조군과 메밀투여군 사이에 큰차이를 보이지 않았다. 메밀보충급여군은 혈당강하작용이 있음이 관찰 되었으며, 혈압은 유의성이 없으나 수치적으로 어느정도 감소시키는 경향을 보였다. 또한 메밀보충급여에 의해 공복시 혈청 인슐린 수준은 낮았으며 혈당을 투여한 후 혈중의 당이 증가하면 분비되는 인슐린 양도 빠르게 증가하는 경향을 나타내었으나 유의성은 없었다.

감사의 글

본 연구는 한국식품개발 연구원의 산학연협동 연구사업 계획의 일환으로 이루어 졌으며 강원도 향토식품인 막국수 연구를 하도록 배려하여 주신데 대해 한국식품개발 연구원측에 깊은 감사를 드립니다.

문 현

- Ikeda, K., Oku, M., Kusano, T. and Yasumoto, K. : Inhibitory potency of plant antinutrients towards the in vitro digestibility of buckwheat protein. *J. Food Sci.*, 51(6), 1527(1986).
- Iwima, T., Mizutani, Y., Kurosawa, S. and Tateishi, K. : Studies on the thiamine and its decomposing factor in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). 信州大學農學部記要, 18(2), 171(1981).

- Thacker, P. A., Anderson, D. M. and Bowland, J. P. : Chemical composition and nutritive value of buckwheat cultivar for laboratory rats. *Can. J. Anim. Sci.*, p. 949 (1983).
- Dorrell, D. G. : Fatty acid composition of buckwheat seed. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 48, 693 (1971).
- Mano, Y. : Characterization of lipid in buckwheat flour starch. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 24(1), 15 (1977).
- Soda, T., Kato, J., Kiribuchi, S. and Aoki, H. : Properties of buckwheat protein from the standpoint of food processing. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 28(6), 297(1981).
- Ikeda, K., Ohminami, H. and Kusdano, T. : Purification and properties of an aminopeptidase from buckwheat seed. *Agric. Biol. Chem.*, 47(8), 1799(1983).
- Mazza, G. : Buckwheat browning and color assessment. *Cereal Chem.*, 63(4), 361(1986).
- Ikeda, K. and Kusdano, T. : Purification and properties of the trypsin inhibitors from buckwheat seed. *Agric. Biol. Chem.*, 47(7), 1481 (1983).
- Ikeda, K. and Kusdano, T. : Isolation and some properties of a trypsin inhibitor from buckwheat grain. *Agric. Biol. Chem.*, 42(2), 309(1978).
- Chiba, S., Kimura, A., Kobori, T. and Saitoh, K. : Quantitative determination of disaccharides produced from soluble starch through transglucosylation of buckwheat α -glucosidase. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 32(3), 213(1985).
- Ohara, T., Ohinata, H., Muramatsu, N. and Matsuhashi, T. : Determination of rutin in buckwheat foods by high performance liquid chromatography. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 36 (2), 114(1989).
- Ohara, T., Ohinata, H., Muramatsu, N., Oike, T. and Matsuhashi, T. : Enzymatic degradation of rutin in processing of buckwheat noodles. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 36(2), 121 (1989).
- Mogan, C. P. and Lazarow, A. : Immunoassay of insulin, two antibody system. *Diabetes*, 12, 115(1963).
- 木村修一 : 藥學雜誌, 104, 423(1984).
- 鈴木建夫, 石川宣子, 目黒熙 : 日本農藝化學會誌, 57, 1143(1983).
- Matsubara, Y., Kumanoto, H., Iizuka, Y., Murakami, T., Okamoto, K., Miyake H. and Yokoi, K. : Structure and hypotensive effect of flavonoid glycosides in *Citrus unshiu* peelings. *Agric. Biol. Chem.*, 49, 909(1985).
- 대한생화학회 : 생화학 실습. p. 139(1986).
- Thorne, M. J., Thompson, L. U. and Jeukins,

- D. J. A. : Factors affecting starch digestibility and glycemic response with special reference to legumes. *Am. J. Clin. Nutr.*, **38**, 481(1983).
20. Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Thorne, M. J., Jenkins, A. L., Wong, J. S., Josse, R. G. and Csima, A. : The relationship between glycemic response, digestibility and factors influencing the dietary habits of diabetes. *Am. J. Clin. Nutr.*, **40**, 1175(1984).
21. Borchers, R. : A note on the digestibility of the starch of high amylose corn by rats. *Cereal Chem.*, **38**, 145(1961).
22. 松田文子他: イソスリソ, プロインスリン, Cペプチド, 腺ポリペプチド, 新圖解ホルモンのすべて. ホルモンと臨床, p. 152(1980).
23. 中川昌一他: インスリン, Cペプチド. 日本臨床, **27**, 2322(1978).
24. Koh, E. S. T., Choi, M. G., Ju, J. S., Yoon, T. H., Kim, J. D., Ahn, Y. S., Lim, K. J. and Kim, S. O. : Long-term effects of buckwheat, potato and rice on glycemic indices in healthy subjects. *Annual Report of Korea Nutr. Inst.*, Hallym Univ., **6**, 1(1988).
25. Phyllis, A. C., Jonathan, I., Sperling, M. and Kolterman, O. G. : Comparison of serum glucose, insulin and glucagon responses to different types of complex carbohydrate in noninsulin-dependent diabetic patients. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 184(1981).

(1991년 2월 5일 접수)