

조리형태를 달리한 쌀과 보리의 급여가 정상인의 혈당과 인슐린치에 미치는 영향

임상선[†] · 김미혜 · 승정자* · 이종호

경상대학교 식품영양학과
*숙명여자대학교 식품영양학과

The Effect of Cooking Form of Rice and Barley on the Postprandial Serum Glucose and Insulin Responses in Normal Subject

Sang-Sun Im[†], Mi-Hye Kim, Chong-Ja Sung* and Jong-Ho Lee

Dept. of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Sookmung Women's University, Seoul 140-132, Korea

Abstract

To investigate the effect of cooking form of rice and barley on postprandial serum glucose and insulin response in normal subject, five test carbohydrates calculated to contain 50g of glucose were consumed. Oral ingestions were divided into 5 group, i. e. dextrose(control), ground white rice, ground barley, whole white rice, whole barley. Postprandial glucose and insulin responses were measured over 3hr and showed the following pattern. Dextrose and ground white rice elicited similar postprandial serum glucose and insulin responses whereas ground barley and whole white rice intermediate, whole barley gave the lowest responses in the test group. The ground form of rice and barley were significantly higher responses than the unground form of those as well as whole white rice were higher responses whole barley. The results suggested that the cooking form of rice and barley was an important determinant of the postprandial metabolic responses.

Key words : rice, barley, glucose response, insulin response

서 론

당뇨병의 치료에 가장 기본인 것은 식이요법으로¹ 과거에 권장되었던 저당질·고지방식이는² 내당성을 저하시킬 뿐만 아니라^{3,4)} 동맥경화증과 관련된 혈중지질의 농도가 증가되는 것으로 밝혀진^{5~6)} 반면 고당질·고섬유소식이는 여러가지 장점이 밝혀져^{8~12)} 현재

당뇨병의 식이로 널리 권장되고 있다.

당질 섭취를 증가시키는 방법으로는 단순당질이 제한된 식이가 권장되어 왔으나^{13~17)}, 최근의 연구에 의하면 당질의 종류에 따라 혈당과 인슐린 반응이 상이하였고, 전분의 종류에 따라서도 현저한 차이가 있음이 밝혀지고 있다.^{18,19)}.

당질식품을 섭취한 후 나타나는 혈당의 변화를 표준당질 부하 후의 반응과 비교한 상대지수인 glycemic index^{20,21)}를 구했을 때 일반적으로 glycemic index

[†]To whom all correspondence should be addressed

가 낮은 식품을 섭취했을 때 내당성이 개선되고^{11,21)} 혈중 cholesterol과 중성지질이 감소되는 것으로 밝혀져^{22,23)} 현재 당뇨병 환자의 식이요법은 저지방식으로 전분성이며 glycemic index가 낮은 당질식품의 섭취를 증가시키고 있는 추세이다. 또한 전분질 식품의 조리형태를 달리하였을 때에도 혈당과 인슐린 반응이 현저하게 변화되었다는 보고도 있다^{24,25)}.

우리나라의 당뇨병 환자 중에는 식이요법으로 보리밥을 섭취하는 경향이 많지만 이에 대한 이론적 근거는 없고 쌀과 보리의 성분과 조리형태가 당대사에 미치는 영향을 조사한 결과도 아직 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 쌀과 보리를 밥과 죽형태로 건강

한 성인에게 섭취시킨 후 혈당과 인슐린의 변화를 관찰하여 당뇨병의 식이요법에 지침이 되고자 하였다.

재료 및 방법

실험대상

당뇨병의 과거력 및 가족력이 없고 비만의 범위에 속하지 않는 20~29세의 건강한 성인을 대상으로 하였고, % ideal body weight는 서 등²⁷⁾의 한국 성인 표준체중을 기준으로 하였다(Table 1).

Table 1. Clinical characteristics of the study groups

Group	Sex (n)		Age (yr)	Weight (kg)	Height (cm)	% IBW ^{a)}
	M	F				
Dextrose	4	3	23.3±4.6 ^{b)} (20~29)	57.0±11.8 (45~66)	164.7±11.6 (155~175)	101.9±7.4 (91.3~10.58)
Whole -white rice	3	4	23.1±4.0 (20~24)	54.2± 6.7 (48~62)	161.8± 6.1 (155~168)	100.9±6.6 (92.7~107.6)
Whole -barley	4	5	22.3±3.0 (20~25)	56.4±10.4 (45~69)	166.0±10.9 (158~176)	100.3±8.1 (96.2~108.7)
Ground -white rice	4	3	22.4±3.7 (20~26)	56.6±10.2 (48~63)	166.9± 9.2 (157~175)	99.1±5.8 (96.2~107.1)
Ground -barley	3	4	22.4±2.5 (20~24)	54.2± 8.9 (44~63)	164.4± 7.5 (157~174)	92.9±8.3 (83.2~101.3)

^{a)} % IBM : Ideal body weight

^{b)} Mean±S.D.

Table 2. Test load preparation data

	Raw weight (g)	Water added (ml)	Cooking time (min)	Cooking method	Cooked weight (g)	Serving
Dextrose	50	—	—	—	—	Dissolved in water and brought a total volume of 500 ml
Whole -white rice	63.9	83	20~25	Boiled	150	Cooked on morning of test. Served with 500ml water
Whole -barley	65.1	117	20~25	Boiled	170	
Ground -white rice	63.9	500	15	Boiled	550	Ground and cooked on morning of test. 4g salt added.
Ground -barley	65.1	500	15	Boiled	550	

실험재료

실험재료의 당질 함량은 50g이 되게 하였고, 각각 분쇄한 상태와 분쇄하지 않은 상태로 사용하였다 (Table 2).

급식 및 채혈

실험대상자는 실험 전날 저녁식사 후 물 이외의 섭식을 금하여 최소한 8~12시간 절식하였고, 실험 당일 오전 8시에 공복상태에서 정맥 채혈한 후 준비된 실험 식이를 무작위 순으로 섭취시켰다.

실험 도중에는 가벼운 대화나 독서, 손동작만 허용되었으며 급식 후 30, 60, 120, 180분에 각각 채혈하였다.

분석방법

혈당은 Wako Pure Chemical Industries LTD의 Kit로 측정하였고, 인슐린치는 Dainabott사의 Kit를 이용하여 방사면역측정법으로 구하였다.

Glycemic index는 Jenkins법에 의해 실험 당질에 대한 혈당반응 면적을 50g dextrose 섭취 후의 반응 면적과 비교한 백분율로 계산하였다.

통계처리는 Student's t-test로 하였다.

결과 및 고찰

혈당

각 군의 공복시 혈당은 유의한 차이가 없었으며, 실험당질 섭취 후 30분에 최대로 상승하였고, 그 후 60분, 120분에 점차 감소하여 180분에는 dextrose 두여군을 제외한 나머지 네 군에서 모두 공복혈당과 유의한 차이가 없었다.

식후 30분의 혈당은 쌀죽 섭취군이 8.0 ± 0.2 mmol/L로 가장 높았고, 그 다음이 dextrose, 보리죽, 쌀밥의 순으로 보리밥 섭취군이 6.1 ± 0.2 mmol/L로 가장 낮았다.

60분 후의 혈당 역시 동일한 순서이며 dextrose와 쌀죽 및 쌀밥은 30분의 혈당과 비교했을 때 유의한 감소없이 높은 수준을 유지하였으나, 보리밥과 보리죽의 경우는 유의하게 감소하였다.

120분의 혈당은 각 군마다 차이가 뚜렷하였으나 전반적으로 쌀밥과 보리밥 섭취군의 혈당은 완만하게 변화하였으며 나머지 군에서는 급격히 감소하였다.

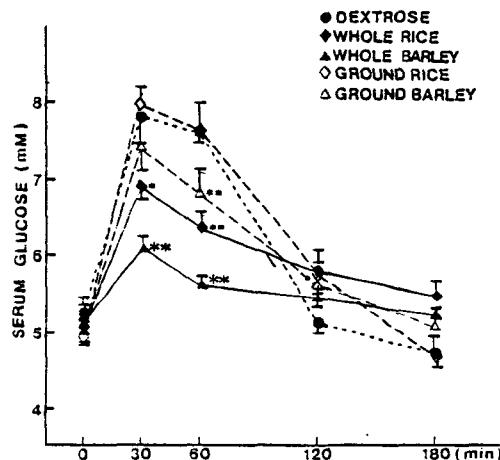


Fig. 1. Serum glucose response to dextrose, whole white rice, whole barley, ground white rice and ground barley (symbols & bars represents Mean \pm SEM).

* $p < 0.05$, ** $p < 0.025$, *** $p < 0.001$ compared to dextrose

Time (min)	Whole rice vs Whole barley	Ground rice vs Ground barley	Whole rice vs Ground rice	Whole barley vs Ground barley	Whole rice vs Ground barley
30	$p < 0.01$	NS	$p < 0.01$	$p < 0.001$	NS
60	$p < 0.01$	NS	$p < 0.025$	$p < 0.01$	NS

NS : Not significant

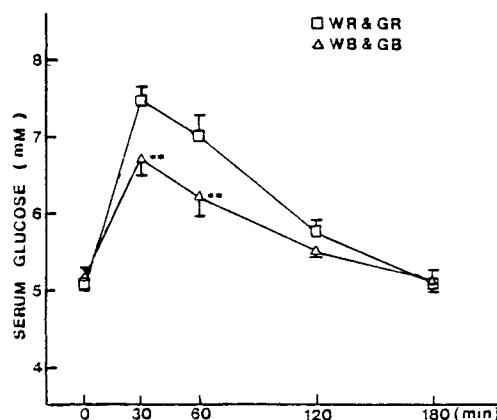


Fig. 2. Serum glucose response to the white rice and barley.
** p < 0.025

180분의 혈당은 다른 군에 비해 쌀밥과 보리밥 섭취군이 높았고, 보리죽, dextrose, 쌀죽 섭취군의 순이었다(Fig. 1).

쌀밥과 보리밥 섭취군의 비교에서 보리밥 섭취군의 혈당이 30분과 60분에서 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

전분원에 따라 쌀과 보리 섭취군으로 비교해 보면 보리의 경우 쌀 섭취군에 비해 혈당이 전반적으로 낮았고, 30분과 60분에 유의한 차이가 있었다($p < 0.025$) (Fig. 2).

조리형태에 따라 밥과 죽 섭취군으로 나눠 비교해 보면 밥이 죽 섭취군보다 혈당이 30분과 60분에서 현저히 낮았고($p < 0.001$), 죽 섭취군에서 혈당이 60분 이후 급격히 감소하여 180분에는 밥 섭취군에 비해 유의하게 낮았다(Fig. 3).

본 실험에서 당질함량 50g을 기준으로 하였을 때 쌀과 보리의 단백질은 각각 6.0g, 6.1g이었고 지방은 0.3g, 0.5g으로 거의 비슷하였으며, 섬유소는 쌀이 0.2g, 보리가 1.9g으로 1.7g의 차이가 있었다. 본 연구 결과를 당질함량 75g으로 실험한 O'Dea²⁵⁾의 결과와 비교했을 때 밥과 죽 간의 혈당은 본 연구와 유사하였고, 백미와 현미 간의 혈당차이는 쌀과 보리의 경우보다 적었으며 50g 당질로 실험한 Crapo¹⁸⁾의 정상인에서의 결과와 비교해 볼 때 혈당의 최대치가 본 연구 결과에 비해 약간 낮았지만 유사한 경향으로 감자, dextrose, 쌀밥의 순으로 높았고 감자, dextrose 간에는 본 실험에서의 쌀죽, dextrose와 마찬가지로 유의한 차이가 없었다.

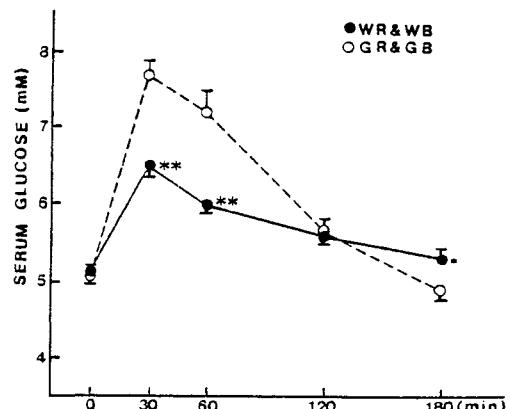


Fig. 3. Serum glucose response to the unground form and ground form.
* p < 0.05, **p < 0.001

혈청 insulin

혈청 insulin은 30분에 최대치를 나타낸 후 점차 감소하여 180분에는 모두 공복시의 수준과 유의한 차이가 없었다.

30분의 혈청 insulin은 혈당의 경우와 같이 쌀죽 섭취군이 가장 높았고, 보리밥 섭취군이 가장 낮았다. 그 후 60분과 120분에서 dextrose, 쌀죽 및 보리죽 섭취군은 급격히 감소하는 양상을 보였으나, 180분에는 쌀밥 섭취군이 가장 높았고 그 다음으로 보리밥, 보리죽, dextrose, 쌀죽 섭취군의 순이었다(Fig. 4).

보리밥 섭취군과 쌀밥 섭취군을 비교해 보면 보리밥의 경우가 혈청 insulin이 낮았으며, 30분과 60분에 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).

곡류의 종류에 따라 분류해 보면 보리 섭취군이 쌀 섭취군보다 전반적으로 혈청 insulin이 낮았고 30분과 120분에서 유의한 차이가 있었다(Fig. 5).

조리 형태에 따라 밥과 죽으로 구분하였을 때 혈청 insulin은 30분과 60분에서 현저한 차이를 보였는데 죽 섭취군이 밥 섭취군에 비해 동일한 시간 대에서 94%, 115%씩 증가한 수준으로 급격한 변화를 보인 반면, 밥 섭취군은 서서히 감소하여 180분에는 죽 섭취군보다 혈청 insulin이 좀 더 높았다(Fig. 6).

이러한 결과는 O'Dea²⁵⁾의 연구보다 전반적으로 높은 경향을 보였는데 이는 대상자, 실험방법, 당질 섭취량에 따라 다르게 나타난 것으로 보이며 죽 섭취군과 밥 섭취군 간의 혈청 insulin은 본 연구 결과와 유사했다.

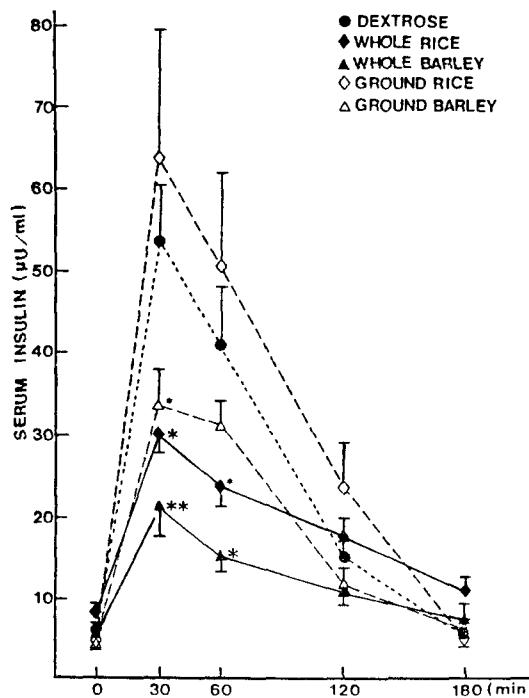


Fig. 4. Serum insulin response to dextrose, whole white rice, whole barley, ground rice and ground barley (symbols & bars represents Mean \pm SEM).

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ compared to dextrose

Time (min)	Whole rice vs Whole barley	Ground rice vs Ground barley	Whole rice vs Ground rice	Whole barley vs Ground barley	Whole rice vs Ground barley
30	$p < 0.05$	NS	$p < 0.05$	$p < 0.05$	NS
60	$p < 0.05$	NS	$p < 0.05$	$p < 0.001$	NS

NS : Not significant

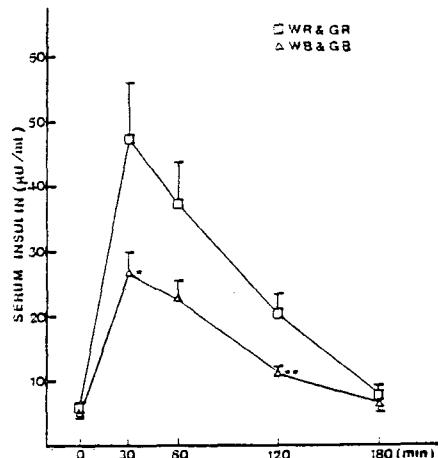


Fig. 5. Serum insulin response to white rice and barley .

* $p < 0.05$, ** $p < 0.025$

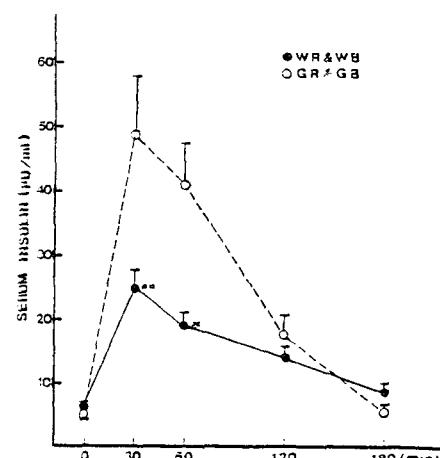


Fig. 6. Serum insulin response to the unground form and ground form .

* $p < 0.01$, ** $p < 0.025$

쌀과 보리를 밥형태로 섭취시켰을 때 혈당과 혈청 insulin이 유의한 차이를 보이는 것은 섬유소 함량의 차이 뿐만 아니라 다른 인자가 더 작용한 것으로 볼 수 있다. 즉 amylose 함량이 높은 전분보다 amylopectin이 많은 전분이 소화율이 높고²⁸⁾, 그밖에 단백질과 phytate²⁹⁾, amylase inhibitor³⁰⁾ 등도 전분의 소화 작용을 감소시켜 혈당을 낮추는 효과가 있다.

각 당질 섭취후 혈청 insulin의 반응은 혈청 glucose 농도에 민감하게 변화하므로 전분의 소화흡수율에 영향을 주는 인자는 혈청 insulin에 대해서도 상응하는 효과가 있다. 또한 dextrose 및 죽 섭취후 혈청 insulin의 현저한 상승은 GIP(gastric inhibitory polypeptide)³¹⁾와 같은 gastrointestinal factor의 분비 차이와 관련된다고 볼 수 있다.

분쇄하였을 때 혈당과 인슐린의 절대증가치는 보리가 쌀에 비해 작지만 상대적인 증가는 보리가 더 높은 것으로 보아 분쇄로 인해 보리 내의 섬유소나 다른 인자들의 소화, 흡수에 대한 저해효과가 감소되었음을 알 수 있다. O'Dea²⁵⁾와 Jenkins^{21, 26)}의 연구에서 와 마찬가지로 쌀을 분쇄하므로 전분과 섬유소의 정상적인 결합구조가 파괴되어 식품내 섬유소의 당대사 반응에 대한 효과는 감소하였고, 입자크기의 감소로 표면적이 증가하여 소화효소가 더욱 쉽게 작용할 수 있게 된것으로 추정된다.

Glycemic index

Glycemic index는 보리밥이 29.6으로 가장 낮았으며 쌀밥 74.2, 보리죽 86.8, 쌀죽 122.9로 환산되었다.

Jenkins는 정상인과 당뇨병 환자에게 실시한 실험에서^{20, 21)} glycemic index의 차이에 따른 혈당치의 변화는 정상인 보다 당뇨병 환자에서 더욱 현저했으며, 또한 식품의 단시간의 반응으로 장기적인 효과를 예상할 수 있다. Glycemic index가 낮은 leguminous seed가 당뇨병 환자에게 유익하다는 보고가^{11, 21, 23, 26)} 있고, 보리의 glycemic index는 lentile 및 kidney bean과 유사한 수치를 나타냈다.

본 실험은 건강한 개인에게 각기 다른 당질 식이를 경구 투여하였을 때의 결과로서 동일인에게 반복실험 하에 개인차를 배제한 실험이 요청되며 또한 당뇨병 환자에 대한 장기적인 효과에 관해서도 추후 연구되어져야 할 것으로 사료된다.

요 약

쌀과 보리의 조리형태가 혈당과 혈청 insulin에 미치는 영향을 알아 보기 위하여 건강한 성인에게 정제당질인 dextrose와 전분원으로 쌀과 보리를 밥과 죽 형태로 급여했다. 당질부하량은 50g 당질함량으로 계산하였고, 식후 혈청 glucose와 insulin반응을 3시간에 걸쳐 측정하였다. 그 결과 dextrose와 쌀죽 섭취군은 식후 혈당과 insulin반응이 유사하였고, 보리죽과 쌀밥 섭취군은 중정도였으며, 보리밥 섭취군이 가장 낮았다. 전분원에 따라 비교했을 때 쌀은 보리보다 높은 반응을 나타냈으며, 쌀과 보리를 죽 형태로 섭취했을 때가 밥으로 섭취했을 때보다 더욱 유의하게 높은 반응을 나타냈다. 이러한 결과는 당질의 종류 뿐만 아니라 조리 형태는 당대사 반응을 결정짓는 주요한 인자임을 제시하고 있다.

문 헌

- Marble, A., Krall, L. P., Christlieb, A. R. and Soeldner, J. S. : *Joslin's Diabetes mellitus*, 12th ed. p. 357 (1985)
- Joslin, A. P. and White, P. : The dietary management diabetes. *Med. Clin. North. Am.*, **49**, 905 (1965)
- Blazquez, E. and Lopez-Quijada, C. : The effect of a high fat diet on glucose, insulin sensitivity and plasma insulin in rats. *J. Endocrinol.*, **42**, 489 (1968)
- Clement, I., Teppermann, H. M., Holohan, P. and Teppermann, J. : Insulin binding and insulin response of adipocytes from rats adapted to fat feeding. *J. Lipid Res.*, **17**, 588 (1976)
- Shekelle, R. B. and Shryock, A. M. : Diet, serum cholesterol and death from coronary heart disease. *New Engl. J. Med.*, **304**, 65 (1981)
- The Lipid Research Clinics : Coronary primary prevention trial results. I. Reduction in incidence of coronary heart disease. *JAMA*, p. 251 (1984)
- Hales, C. N. and Randle, P. J. : Effect of low carbohydrate diet and diabetes mellitus on plasma concentration of glucose, non-esterified fatty acid and insulin during oral glucose tolerance tests. *Lancet*, **790** (1964)
- Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S. and Leeds A. R. : Dietary fibers, fiber analogues and glucose tolerance importance of viscosity. *Br. Med. J.* 1392 (1978)

9. Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S. and Hockaday, T. D. R. : Treatment of diabetes with guar gum. *Lancet*, **2**, 779(1980)
10. Aro, A., Unsitupa, M. and Vontilainen, E. : Improved diabetic control and hypocholesterolemic effect induced by long term dietary supplementation with guar gum in type 2 diabetes. *Diabetologia*, **21**, 29(1981)
11. Simpson, H. C. R., Iousley, S. and Carter, R. D. : High carbohydrate leguminous fiber diet improves all aspects of diabetic control. *Lancet*, **1**, 1(1981)
12. Anderson, J. W. : Plant fiber, carbohydrate and lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 346 (1979)
13. American Diabetes Association : Special report. principle of nutrition and dietary recommendation for individuals with diabetes mellitus. *Diabetes*, **28**, 1027(1979)
14. Special Report Committee of the Canadian Diabetes Association : Guidelines for the nutritional management of diabetes mellitus. *J. Can. Dietet. Assoc.*, **42**, 110(1980)
15. The Nutrition Sub-committee of the British Diabetic Association Medial Advisory Committee: Dietary recommendations for diabetics for the 1980's Final Draft. p.6(1981)
16. Lenner, R. A. : Studies of glycemia and glucosuria in diabetics after breakfast meals of different composition. *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**, 716(1976)
17. Crapo, P. A., Kolterman, O. G., Waldeck, N. and Reaven, G. : Postprandial hormonal responses to different types of complex carbohydrate in individuals with impaired glucose tolerance. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 1723(1980)
18. Crapo, P. A., Reaven, G. and Olefsky, J. : Postprandial plasma glucose and insulin responses to different complex carbohydrates. *Diabetes*, **26**, 1178(1977)
19. Crapo, P. A. and Insel, J. : Comparison of serum glucose, insulin and glucagon responses to different type of complex carbohydrate in noninsulin dependent diabetic patients. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 184(1981)
20. Jenkins, D. J. A. and Wolever, T. M. S. : Glycemic index of food. A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 362 (1981)
21. Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S. and Thorn, M. J. : The glycemic index of foods tested in diabetic patients a new basis for carbohydrate exchange favouring the use of legumes. *Diabetologia*, **24**, 257(1983)
22. Jenkins, D. J. A. and Wong, G. S. : Leguminous seeds in the dietary management of hyperlipidemia. *Am. J. Clin. Nutr.*, **38**, 567(1983)
23. Jenkins, D. J. A. and Wolever, T. M. S. : Slow release carbohydrate improves second meal tolerance. *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 1339(1982)
24. Haber, A. B. and Heaton, K. W. : Depletion and disruption of dietary fiber. Effect of satiety, plasma glucose and serum insulin. *Lancet*, **2**, 679 (1977)
25. O'Dea, K. and Nestel, P. : Rate of starch hydrolysis in vitro as a predictor of metabolic responses to complex carbohydrate in vivo. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1991(1981)
26. Jenkins, D. J. A., Wong, G. S. and Josse, R. : Glycemic response to wheat product reduced response to pasta but no effect of fiber. *Diabetes care*, **6**, 155(1983)
27. 서순규, 송희승, 김진순, 이경원, 이항열 : 한국인의 표준체중치. 대한내과학잡지, **14**, 9(1971)
28. Borchers, R. : A note on the digestibility of the starch of high amylose corn by rats. *Cereal Chem.*, **38**, 145(1961)
29. Yoon, J. H., Thompson, L. V. and Jenkin, D. J. A. : Effect of phytic acid on rate of starch digestibility. Montral, Canadian Institute of Food Science and Technology, 25th Annual Conference (1982)
30. Miltzer, W., Ikeda, C. and Kreen, E. : Preparation and properties of an amylase inhibitor of wheat. *Arch. Biochem.*, **9**, 30(1946)
31. Dupre, J., Ross, D., Watson, D. and Bround, J. C. : Stimulation of insulin secretion by gastric inhibitory polypeptide in man. *J. Clin. Endocrinol.*, **37**, 826(1973)

(1991년 2월 10일 접수)