

쌀의 식이섬유함량이 정상인의 혈당에 미치는 영향에 관한 연구

이 찬[†] · 신재수*

한서대학교 식품생물공학과, *(주)종근당 종합연구소

The Effect of Dietary Fiber Content of Rice on the Postprandial Serum Glucose Response in Normal Subject

Chan Lee and Jae-Soo Shin*

Dept. of Food and Biotechnology, Hansoo University, Seosan 356-703, Korea

*Chong Kun Dang Research Institute, Chonan 330-600, Korea

Abstract

The purpose of this study is to investigate the effect of dietary fiber content of rice on the postprandial serum glucose and insulin responses in normal subject. Two rice varieties, Ilpum and Suwon 464 which are different in dietary fiber content, were cooked in pressure cooker and used for the test. The rice with a higher dietary fiber content gave a significantly lower glucose level ($p < 0.01$) and insulin level ($p < 0.05$) than did the normal rice variety. After a meal, the 60-min glucose levels of Suwon 464 and Ilpum were 90.3 ± 4.8 mg/dl and 111.6 ± 2.7 mg/dl, respectively. The glycemic index (GI) of Suwon 464 shows 64.5%, which was apparently lower than that of Ilpum. These results indicate that Suwon 464 high in dietary fiber can be useful in low-GI diets.

Key words : dietary fiber, rice, glycemic index, pressure cooker.

서 론

당뇨병의 치료에 기본적인 것은 식이요법으로 당질 위주의 고섬유소 식이는 여러 장점이 알려져^{1,2)}, 현재 당뇨병의 식이로 널리 권장되고 있는데 당질의 종류에 따라 혈당과 인슐린 반응이 다를 뿐만 아니라 전분의 종류에 따라서도 현저한 차이가 있는 것으로 알려져 있다^{3,4)}. 혈당지수 (glycemic index; GI)는 Jenkins 등⁵⁾에 의하여 보고된 것으로 어떤 식품을 섭취했을 때 나타나는 혈당반응을 포도당 섭취시의 혈당반응과 비교하여 나타낸 것이다. 즉, 당질식품을 섭취한 후 나타나는 혈당의 변화를 표준 당질 부하 후의 반응과 비교한 혈당지수를 구하였을 때, 일반적으로 혈당지수가 낮은 식품을 섭취했을 때 내당성이 개선되고 혈

중 cholesterol과 중성지질이 감소되는 것으로 밝혀져^{6,7)}, 당뇨병환자의 식이요법은 저지방식으로 전문성이며 혈당지수가 낮은 당질 식품이 널리 이용되고 있다⁸⁾.

한편 쌀은 우리나라 사람들의 주식으로서 식이섬유함량이 높은 현미가 백미에 비하여 혈당지수가 낮으므로 당뇨병환자의 식이요법으로 권장되고 있다. 최근 농촌진흥청 작물시험장에서는 식이섬유함량이 높은 신품종벼가 육종개발되었는데 식이섬유함량이 높은 식품과 혈당치간에는 깊은 상관관계가 있다는 것이 보고^{9,10)}되고 있으므로 신품종 쌀이 일반쌀에 비하여 혈당지수가 낮을 가능성이 있다.

본 연구의 목적은 식이섬유함량이 높은 쌀과 일반쌀을 섭취한 건강한 성인에서 혈당반응의 차이를 조

[†] Corresponding author : Chan Lee

사하는 것이다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 시료는 2000년 충남 예산 지역에서 재배된 일품벼와 농촌진흥청 작물시험장에서 제공 받은 수원464(계통명) 벼씨를 2000년 충남 예산지역에서 재배한 것이다.

일품벼와 수원464는 Satake-THU 35A 제현기(Satake Engineering Co., Ltd, Japan)에 의하여 현미로 만들었으며 McGill Sheller Mill(McGill Sheller Co., U.S.A.)을 이용하여 정백을 92%로 표준도정하여 백미로 만든 후 4°C의 냉장실에서 보존하였다.

2. 쌀의 일반성분

일반쌀과 수원464의 일반성분 분석은 cyclotec을 이용하여 100mesh의 쌀가루로 제조한 후 AOAC의 방법¹¹⁾에 의하여 측정하였으며 쌀 단백질의 질소환산계수는 5.95로 하였다.

3. 총식이섬유함량

일반쌀과 수원464의 총식이섬유함량은 정백을 94%로 표준도정하여 7분도미로 도정된 쌀시료를 cyclotec을 이용하여 40mesh의 분말로 제조한 후 식품공전상의 식이섬유분석법¹²⁾에 의하여 분석하였다.

4. 실험대상

당뇨병의 과거력 및 간 질환이 없고 비만의 범위에 속하지 않는¹³⁾ 28~40세의 건강한 성인 남자 (10명의

주식회사 종근당 종합연구소 연구원)를 대상으로 하였다 (Table 1).

5. 취사방법

실험 식이는 일반쌀 백미와 수원464 백미는 쌀을 씻고 일정량의 물을 가하여 각각 전기압력밥솥(Model : LG P-K075 IH)을 사용하여 백미메뉴에서 취반하였으며 실험재료의 당질 함량은 50g이 되게 하였다¹³⁾ (Table 2).

6. 급식 및 채혈

실험대상자는 실험 전날 저녁식사 후 물 이외의 섭취를 금하여 최소한 12시간 이상 금식하였고, 실험 당일 오전 9시에 공복상태에서 정맥 채혈한 후 준비된 실험 식이를 무작위 순으로 섭취시켰다.

실험 도중에는 가벼운 대화나 독서, 손동작만 허용되었으며 급식 후 30, 60, 120, 180분에 각각 채혈하였다¹³⁾. 채혈한 시료는 상온에서 잠시 방치하여 응고시킨 후 1,000g에서 10분간 원심분리한 후 혈청을 분리하여 분석할 때까지 -80°C에 보관하였다.

7. 분석방법

혈당은 hexokinase법으로 인슐린치는 ¹²⁵I tracer를

Table 2. Test load preparation data

Group	Raw rice (g)	Water (ml)	Cooked wt. (g)
Ilpum	64.4	83	121
Suwon 464	67.5	83	125

Table 1. The clinical characteristics of healthy volunteers

Volunteer	Sex (M/F)	Age (Year)	Body weight (Kg)	Height (cm)	BMI (Kg/m ²)
1	M	34	62	180	19.1
2	M	30	60	170	20.8
3	M	28	70	173	23.4
4	M	33	70	173	23.4
5	M	35	67	169	23.5
6	M	30	60	174	19.8
7	M	28	66	169	23.1
8	M	28	62	170	21.5
9	M	28	74	169	25.9
10	M	40	66	172	22.3
Mean ± SE		31 ± 1.3	66 ± 1.5	172 ± 1.1	22.3 ± 0.6

이용하여 Gamma count Cobra II (Packard사, U.S.A.)를 사용한 방사면역측정법 (Radio Immuno Assay ; RIA)으로 분석하였다.

혈당지수는 Jenkins법⁵⁾에 의해 수원464 백미 당질에 대한 혈당반응 면적을 일반쌀 백미 섭취후의 반응 면적과 비교한 백분율로 계산하였다.

8. 통계처리

모든 실험결과는 mean±SEM (Standard Error of Mean)으로 나타내었으며, 통계처리는 Student's t-test를 사용하여 p<0.05에서 대조군 (일반쌀 백미 섭취군)과의 유의성을 검정하였고, 공복시와 식후 및 일반쌀 백미 섭취군과 수원464 백미섭취군간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 쌀의 일반성분

수원464과 일반쌀의 수분, 조지방, 조섬유 및 조회분함량은 비슷하였으나 단백질함량은 수원464의 경우에는 10.9%로서 일반쌀의 6.4%에 비하여 매우 높았다 (Table 3).

2. 총식이섬유함량

두 품종의 쌀은 7분도미 상태에서 일반쌀의 총식이섬유함량이 3.8% 그리고 수원464가 7.1%로 수원464가 일반쌀에 비하여 높았다.

3. 혈당

Fig. 1에서 보듯이 각 군의 공복시 혈당은 유의한 차이가 없었으며, 실험 당질 섭취 후 30분에 최대로 상승하였고, 그 후 60분, 120분, 180분에 걸쳐 점차 감소하는 패턴을 나타냈으나 공복시 혈당치로 복귀하지는 못하였다. 식후 30분의 혈당은 일반쌀 백미 섭취군이 121.2±8.7mg/dl 였으며, 수원464 백미섭취군은 123.2±7.2mg/dl로서 섭취군 사이에 유의한 차이가 없었다. 60분 후의 혈당은 30분의 혈당치보다 두 군 모두 감소하였으나, 수원464 백미섭취군의 혈당이 90.3±4.8mg

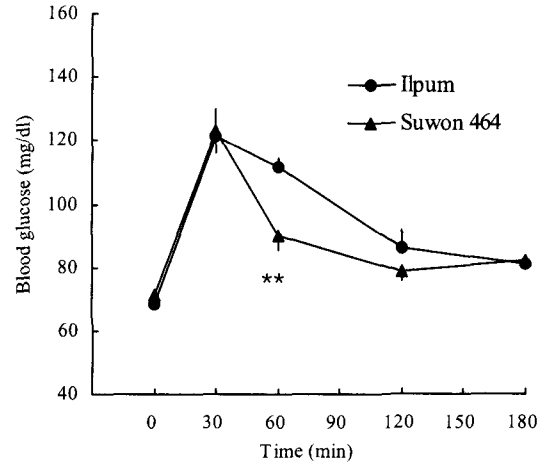


Fig. 1. Serum glucose response to the Ilpum rice and Suwon 464. ** p<0.01.

/dl로 일반쌀 백미군의 111.6±2.7mg/dl에 비해 유의성 있게 더 감소하였다 (p<0.01). 120분, 180분 후의 혈당은 수원464 백미군에서 78.5±2.8, 82.3±2.8mg/dl로, 일반쌀 백미군의 각각 86.1±5.8, 80.7±3.3mg/dl과 비교시 유의한 차이는 나타나지 않았다. 실험 당질에 대한 혈당반응 면적 (AUC)은 일반쌀 백미군이 5017±595mg·min/dl 이었으며 수원464 백미군은 3237±349 mg·min/dl로 일반쌀 백미군에 비해 유의성 있게 낮았다 (p<0.05).

식이섬유가 glucose 흡수에 미치는 영향을 설명할 수 있는 메카니즘으로는 gastric emptying time을 감소시킨다는 것과 소장에서 흡수표면으로 glucose가 확산되는 것(carbohydrate diffusion rate)을 감소시킨다는 것으로 설명될 수 있다고 한다. 일반적으로 수용성 식이섬유처럼 점성이 큰 식이섬유는 gel matrix를 형성함으로써 glucose를 붙잡는 효과 (trapping effect)가 있기 때문에 glucose의 확산을 감소시킨다¹⁾고 알려져 있다. 반면 불용성 식이섬유는 fiber matrix안에 glucose를 가두는 효과 (keeping effect)가 있으므로 역시 glucose의 확산을 지연시키는 효과가 있다¹⁴⁾는 것이 보고되고 있다.

Table 3. Proximate compositions of various rices

Variety	Moisture (%)	Crude protein(%)	Crude lipid (%)	Crude ash(%)	Crude fiber(%)
Ilpum	15.1	6.4	0.1	0.4	0.4
Suwon 464	14.2	10.9	0.2	0.6	0.4

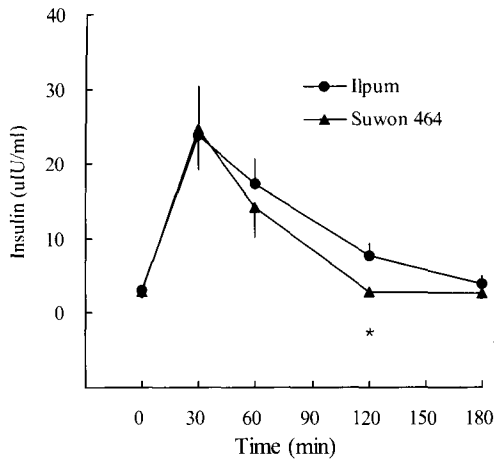


Fig. 2. Serum insulin response to the Ilpum rice and Suwon 464. * $p < 0.05$.

4. 혈청 insulin

혈청 insulin치는 혈당치 변동과 유사한 패턴을 나타냈다. 두 군 모두 식후 30분에 최대치를 나타낸 후 점차 감소하여 180분에는 두 군 모두 공복시의 수준과 유의한 차이가 없었다. 식후 120분에서만 수원464 백미군의 insulin치가 일반쌀 백미군보다 더 낮았고 ($p < 0.05$), 그 외에는 두 군 사이에 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다 (Fig. 2). 당질 섭취후 혈청 인슐린의 반응은 혈청 glucose 농도에 민감하게 변화하므로, 전분의 소화흡수율에 영향을 주는 인자는 혈청 인슐린에 대해서도 상응하는 효과가 있는 것으로 보이며, 수원 464 백미군에서 혈청 인슐린치가 식후 30분에는 일반쌀 백미군과 같았으나 60분, 120분에서는 더 많이 감소한 것으로 사료된다.

5. 혈당지수 (Glycemic Index)

수원464 백미군의 혈당지수는 일반쌀 백미 섭취후의 반응 면적과 비교하여 백분율로 계산하였을 때, 64.5%로 현저히 낮았다 (Fig. 3). 이는 건강한 지원자에서 일반쌀 백미를 100%로 하였을 때, 주요 곡류의 혈당지수가, 일반쌀 현미 90%, 보리 63%, 일반쌀 찹쌀 102%, 일반쌀 찹쌀현미 106%, 메밀 79%, 조 85%, 기장 115%, 울무 116%, 사탕수수 122%로 나타났는데¹⁵⁾, 수원464 백미의 혈당지수는 보리와 비슷하였다.

본 실험은 건강한 사람에게 각각 동일한 당질함량의 수원464 백미와 일반쌀 백미를 섭취시켰을 때 혈당 반응을 비교한 것으로 수원464의 혈당지수가 현저히 낮았는데 이것은 수원464의 식이섬유함량이 일반쌀에 비하여 월등하게 높기 때문이라고 해석된다. 당뇨병

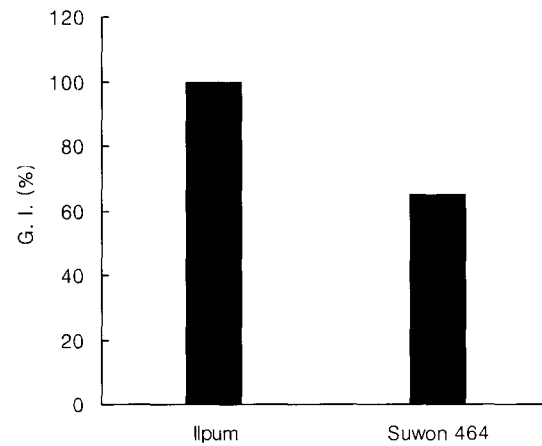


Fig. 3. Glycemic Index (GI) of Ilpum rice and Suwon 464.

의 치료에 기본적인 것은 식이요법으로, 과거에는 저당질, 고지방식이 권장되었으나 이러한 식품은¹⁶⁾ 내당성을 저하시킬 뿐만 아니라^{17~18)} 동맥경화증과 관련된 혈중 지질의 농도를 증가시키므로^{19~20)} 바람직하지 않은 것으로 밝혀진 반면 당질 위주의 고섬유소 식이가 당뇨병의 식이로 권장되고 있으므로 수원464 백미의 혈당지수는 문헌상에서 조사된 일반쌀 현미의 혈당지수인 90보다도 훨씬 낮으며 보리의 혈당지수와 비슷한 수준이므로 당뇨병환자의 식이요법으로 활용하면 혈당조절에 효과적일 것으로 사료된다.

요 약

건강한 지원자를 대상으로 전기압력밥솥으로 조리한 수원464 백미와 일반쌀 백미를 섭취시켜 혈당과 인슐린의 반응을 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 식후 60분 후에서 수원464 백미섭취군의 혈당이 일반쌀 백미섭취군에 비해 유의성 있게 더 감소하였다 ($p < 0.01$).
2. 실험 당질에 대한 혈당반응면적 (Area Under the Curve : AUC)은 수원464 백미군이 일반쌀 백미군에 비해 유의성 있게 낮았다 ($p < 0.05$).
3. 혈청 인슐린치는 혈당반응과 유사한 패턴을 보였으며 식후 120분에서 수원464 백미군의 인슐린치가 일반쌀 백미군의 인슐린치보다 유의성 있게 더 낮았다 ($p < 0.05$).
4. 일반쌀 백미의 혈당지수 (glycemic Index : GI)를 100%로 하였을 때 수원464 백미의 혈당지수는 64.5%로 매우 낮게 나타났다.

5. 수원464 백미의 혈당지수는 문헌상으로 조사된 일반쌀 현미의 혈당지수인 90%에 비해서도 현저하게 낮았다.

이상의 임상시험을 통하여 일반쌀에 비하여 식이섬유함량이 높은 수원464는 혈당지수가 매우 낮은 것으로 밝혀졌으며 수원464 백미는 문헌상으로 조사된 일반쌀 현미의 혈당지수 보다도 낮음을 확인하였다.

참고문헌

- 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).
- Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S. and Hockaday, T. D. R. : Treatment of diabetes with guar gum. *Lancet*, **2**, 779 (1980).
- Crapo, P. A., Reaven, G. and Olefsky, J. : Postprandial plasma glucose and insulin responses to different complex carbohydrates. *Diabetes*, **26**, 1178 (1977).
- 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).
- Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Taylor, R. H., Barker, H., Feienden, H., Baldwin, J. M., Bowling, A. C., Newman, H. C., Jenkins, A. L. and Goff, D. V. : Glycemic index of foods : a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 362 (1981).
- Wolever, T. M. S. : How important is prediction of glycemic response?, *Diabetic Care*, **12**(8), 591 (1989).
- Jenkins, D. J. A. and Wong, G. S. : Leguminous seeds in the dietary management of hyperlipidemia. *Am. J. Clin. Nutr.*, **38**, 567 (1983).
- Jenkins, D. J. A. and Wolever, T. M. S. : Slow release carbohydrate improves second meal tolerance. *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 1339 (1982).
- Wolever, T. M. : Relationship between dietary fiber content and composition in foods and the glycemic index. *Am. J. Clin. Nutr.*, **51**, 72 (1990).
- Nishimune, T., Yakushiji, T., Sumimoto, T., Taguchi, S., Konishi, Y., Nakahara, S., Ichikawa, T. and Kunita, N. : Glycemic response and fiber content of some foods. *Am. J. Clin. Nutr.*, **54**, 414 (1991).
- A.O.A.C. : Official Methods of Analysis, 12th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1975).
- Korean Food Code : pp. 35. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea (1996).
- Im, S. S., Kim, M. H., Sung, C. J. and Lee, J. H. : The effect of cooking form of rice and barley on the postprandial serum glucose and insulin response in normal subject. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **20**(4), 293 (1991).
- Adiotomre, J., Eastwood, M. A., Edwards, C. A. and Brydon, W. G. : Dietary fiber: *in vitro* methods that anticipate nutrition and metabolic activity in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, **52**, 128 (1990).
- Lee, J. S., Lee, J. S., Yang, C. B. and Shin, H. K. : Blood glucose response to dome cereals and determination of their glycemic index to rice as standard food. *Korean J. Nutrition*, **30**(10), 1170 (1997).
- 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*, **251** (1984).

(2002년 5월 3일 접수)