

식이섬유함량이 다른 쌀이 정상인의 혈당과 중성지방에 미치는 영향

이 찬* · 신재수*

한서대학교 식품생물공학과
*(주)종근당 종합연구소

Effects of Different Fiber Content of Rice on Blood Glucose and Triglyceride Levels in Normal Subject

Chan Lee[†] and Jae-Soo Shin*

Dept. of Food and Biotechnology, Hanseo University, Seosan 356-703, Korea
*Chong Kun Dang Research Institute, Chonan 330-600, Korea

Abstract

This study was conducted to determine the effect of different fiber content of rice on blood levels of glucose, insulin and triglyceride in normal subject. Ilpum and Suwon 464, which have different fiber content, were used for the test. Two types of rice containing 50 g of carbohydrate were pressure-cooked and fed to ten healthy male volunteers after an overnight fast. After a meal, the 60-min blood glucose levels of Suwon 464 and Ilpum were 90.3 ± 4.8 mg/dL and 111.6 ± 2.7 mg/dL, respectively ($p < 0.01$). And the 120-min blood insulin levels of Suwon 464 and Ilpum were 2.9 ± 0.8 mg/dL and 7.7 ± 1.6 mg/dL, respectively ($p < 0.05$). There was no significant difference in triglyceride level between two rice varieties. The calculated glycemic index (GI) was 64.5% for Suwon 464, suggesting that Suwon 464 high in fiber can be useful in low-GI diets.

Key words: fiber, rice, glycemic index, blood glucose

서 론

당뇨병이란 포도당을 이용하기 위하여 필요한 인슐린의 생산이 부족하거나 사용이 원활하지 않아 생기는 대사장애로서 우리나라의 경우, 전체인구의 5% 정도인 2백만명 정도가 당뇨병환자인 것으로 추정되고 있다. 인슐린 비의존형 당뇨병환자는 식사요법과 운동요법을 병행하여 치료하는 것이 중요한데 당뇨병환자의 식사요법에서 과거에는 당질의 섭취량을 제한하였으나 최근에는 총열량을 조절하는 범위에서 당질의 섭취를 허용하고 특히 섬유소가 풍부한 복합당질의 섭취를 권장한다(1,2).

혈당지수(glycemic index: GI)는 Jenkins 등(3)에 의하여 보고된 것으로 어떤 식품을 섭취했을 때 나타나는 혈당반응을 포도당 섭취시의 혈당반응과 비교하여 계산된다. 당질의 종류에 따라 혈당과 인슐린 반응이 다를 뿐만 아니라 전분의 종류에 따라서도 현저한 차이가 있는 것으로 알려져 있는데(4,5) 일반적으로 혈당지수가 낮은 당질을 섭취했을 때 내당성이 개선되고 혈중 콜레스테롤과 중성지방이 감소되는 것으로 밝혀짐(6, 7)에 따라 당뇨병자 및 고지혈증 환자의 식이요법에 임상적으로 이용되고 있다(8).

한편 식이섬유함량이 높은 현미가 백미에 비하여 혈당지수가 낮은 것으로 보고되었으며 식이섬유함량이 높은 식품과 혈당치간에는 깊은 상관관계가 있다는 여러 연구보고(9,10)가 있다. 그러므로 농촌진흥청 작물시험장에서는 일반벼에 비하여 식이섬유함량이 높은 신품종벼(계통명: 수원464)를 육종개발하였는데 신품종쌀의 혈당지수가 일반쌀에 비하여 낮을 가능성이 높다. 식이섬유가 혈당치를 낮추는 이유에 대해서는 위장에서 전분 소화율의 저하(11), 위장에서 소화된 내용물이 십이지장으로의 이동속도 감소(12), 소장으로 확산되는 당류의 속도 감소(13), 소장상부로 다당류의 분해속도 감소(3) 그리고 소장내 상피세포에서 단당류가 흡수되는 속도 감소(9) 등의 이론이 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 일반쌀과 식이섬유함량이 높은 쌀을 정상인이 섭취하였을 때 혈당, 혈청 인슐린 그리고 혈중 중성지방에 어떤 차이가 있는지 조사하였으며 혈당지수를 구하고 문헌상의 수치와 비교하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 쌀(*Oryza sativa* L.)은 2000년 충남 예산

[†]Corresponding author. E-mail: leechan@gaya.hanseo.ac.kr
Phone: 82-41-660-1453, Fax: 82-41-688-9957

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., USA)을 이용하여 정백율 92%로 표준도정하여 백미로 만든 후 4°C의 냉장실에서 보존하였다.

총식이섬유함량

일품종과 수원464의 총식이섬유함량은 정백율 94%로 표준도정하여 7분도미로 도정된 쌀시료를 Cyclotec을 이용하여 40 mesh의 분말로 제조한 후 식품공전상의 식이섬유분석법(14)에 의하여 분석하였다.

쌀의 일반성분

일품종과 수원464의 일반성분 분석은 Cyclotec을 이용하여 100 mesh의 쌀가루로 제조한 후 AOAC의 방법(15)에 의하여 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 및 조섬유함량을 측정하였으며 쌀 단백질의 질소산화계수는 5.95로 하였다. 그리고 일품종과 수원464의 당질함량은 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 및 조섬유의 각 분석치를 합하고 100%에서 뺀값으로 하였다.

실험대상의 급식 및 채혈

당뇨병의 과거력 및 간 질환이 없고 비만의 범위에 속하지 않는(16) 28~40세의 건강한 성인 남자(10명의 주식회사 중군당 종합연구소 연구원)를 대상으로 하였다(Table 1). 실험 식이는 일품종 백미와 수원464 백미는 쌀을 씻고 일정량의 물을 가하여 각각 전기압력밥솥(model: LG P-K075 IH)을 사용하여 백미메뉴에서 취반하였으며 실험재료의 당질 함량은 식이 섬유를 포함하여 50 g이 되게 하였다(16) (Table 2). 실험대상자는 실험 전날 저녁식사 후 물 이외의 섭취를 금하여 최소한

Table 1. The clinical characteristics of healthy male volunteers

Volunteer	Age (year)	Body weight (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m ²)
1	34	62.4	180.7	19.1
2	30	60.7	170.8	20.8
3	28	70.2	173.2	23.4
4	33	70.5	173.6	23.4
5	35	67.1	169.0	23.5
6	30	60.3	174.5	19.8
7	28	66.2	169.3	23.1
8	28	62.4	170.4	21.5
9	28	74.3	169.4	25.9
10	40	66.2	172.3	22.3
Mean±SE	31±1.3	66.0±1.5	172.3±1.1	22.3±0.6

Table 3. Proximate composition of two rice varieties

Group	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Crude fiber	Carbohydrate ¹⁾	Dietary fiber
Ilpum	15.1	6.4	0.1	0.4	0.4	77.6	3.8
Suwon 464	14.2	10.9	0.2	0.6	0.4	74.1	7.1

¹⁾Carbohydrate content includes dietary fiber, but not crude fiber.

Table 2. Test load preparation data for pressure-cooked rice

Group	Raw rice ¹⁾ (g)	Water (mL)	Cooked wt. (g)
Ilpum	64.4	83	121
Suwon 464	67.5	83	125

¹⁾The amount of carbohydrate was 50 g each.

12시간 이상 금식하였고, 실험 당일 오전 9시에 공복상태에서 정맥 채혈한 후 5명씩의 실험대상자들이 한번은 압력밥솥으로 취사한 일품종과 수원464 밥을 섭취하고 다른 날에는 동일한 실험 식이를 바꾸어서 섭취하였다. 실험 도중에는 가벼운 대화나 독서, 손동작만 허용되었으며 급식 후 30, 60, 120, 180분에 각각 채혈하였다(16). 채혈한 시료는 상온에서 잠시 방치하여 응고시킨 후 1000 g에서 10분간 원심분리한 후 혈청을 분리하여 분석할 때까지 -80°C에 보관하였다.

분석방법

혈당은 hexokinase법을, 중성지방은 glycerol 소거법을 이용하여 각각 Olympus AU5400(Olympus America Inc., USA)으로 분석하였으며 인슐린치는 ¹²⁵I tracer를 이용하여 Gamma Count Cobra II(Packard Co., USA)를 사용한 방사면역측정법(Radio Immuno Assay; RIA)으로 분석하였다.

혈당지수는 Jenkins법(3)에 의해 수원464 백미 당질에 대한 혈당반응면적(Area Under the Curve: AUC)을 일품종 백미 섭취후의 반응면적과 비교한 백분율로 계산하였다.

통계처리

모든 실험결과는 mean±SEM(standard error of mean)으로 나타내었으며, 통계처리는 Student's t-test를 사용하여 p<0.05에서 대조군(일품종 백미섭취군)과의 유의성을 검정하였고, 공복사와 식후 및 일품종 백미섭취군과 수원464 백미섭취군간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

쌀의 일반성분

수원464과 일품종의 수분, 조지방, 조섬유 및 조회분함량은 비슷하였으나 조단백질함량은 수원464의 경우에는 10.9%로서 일품종의 6.4%에 비하여 높았다. 그리고 두 품종쌀의 총식이섬유함량은 7분도미 상태에서 수원464가 7.1%로 일품종의 3.8%에 비하여 높았다(Table 3).

혈당

Fig. 1에서 보듯이 각 군의 공복시 혈당은 유의한 차이가 없었으며, 실험 당질 섭취 후 30분에 최대 상승하였고, 그 후

(unit: %)

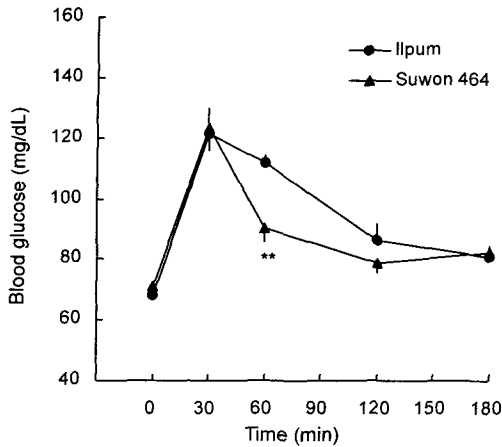


Fig. 1. Serum glucose response to Ilpum and Suwon 464. **p<0.01.

60분, 120분, 180분에 걸쳐 점차 감소하는 패턴을 나타냈으나 공복시 혈당치로 복귀하지는 못하였다. 식후 30분의 혈당은 일품종 백미섭취군이 121.2±8.7 mg/dL였으며, 수원464 백미섭취군은 123.2±7.2 mg/dL로서 섭취군 사이에 유의한 차이가 없었다. 60분 후의 혈당은 30분의 혈당치보다 두 군 모두 감소하였으나, 수원464 백미섭취군의 혈당이 90.3±4.8 mg/dL로 일품종 백미군의 111.6±2.7 mg/dL에 비해 유의성 있게 더 감소하였다(p<0.01). 120분, 180분 후의 혈당은 수원464 백미군에서 78.5±2.8, 82.3±2.8 mg/dL로, 일품종 백미군의 각각 86.1±5.8, 80.7±3.3 mg/dL과 비교시 유의한 차이는 나타나지 않았다. 실험 당질에 대한 혈당반응면적은 일품종 백미군이 5017±595 mg·min/dL이었으며 수원464 백미군은 3237±349 mg·min/dL로 일품종 백미군에 비해 유의성 있게 낮았다(p<0.05). 혈당 반응은 당질의 종류 뿐만 아니라 전분의 종류에 따라 다른데 일품종에 비하여 식이섬유함량이 높은 수원464의 혈당이 더 감소하였다. Wolever(9)는 식이섬유함량이 높은 식품은 혈당이 감소하는 상관관계가 있다고 하였는데 이것은 본 연구와 일치하는 결과이다.

혈청 인슐린

혈청 인슐린치는 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 인슐린치가 2.9±0.8 mg/dL로 일품종 백미군 7.7±1.6 mg/dL보다 유의성 있게 더 낮았고(p<0.05), 그 외에는 두 군 사이에 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다(Fig. 2). 당질 섭취후 혈청 인슐린의 반응은 혈청 포도당 농도에 민감하게 변화함으로써, 전분의 소화흡수율에 영향을 주는 인자는 혈청 인슐린에 대해서도 상응하는 효과가 있는 것으로 보이며, 수원464 백미군에서 혈청 인슐린치가 식후 30분에는 일품종 백미군과 같았으나 60분 120분에서는 더 많이 감소한 것으로 사료된다.

혈당지수

수원464 백미군의 혈당지수는 일품종 백미 섭취후의 반응

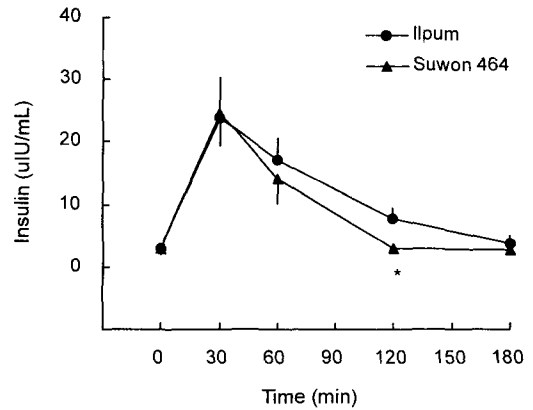


Fig. 2. Serum insulin response to Ilpum and Suwon 464. *p<0.05.

면적과 비교하여 백분율로 계산하였을 때, 64.5%로 현저히 낮았다(Fig. 3). 이는 건강한 지원자에서 일반쌀 백미를 100%로 하였을 때, 문헌상에 보고(17)된 주요 곡류의 혈당지수가, 일반쌀 현미 90%, 보리 63%, 일반쌀 찹쌀 102%. 일반쌀 찹쌀현미 106%, 메밀 79%, 조 85%, 기장 115%, 율무 116%, 사탕수수 122%로 나타났는데, 수원464 백미의 혈당지수는 보리와 비슷하였다. 하지만 잡곡류의 경우 식이섬유함량과 종류에 다양한 차이가 있으므로 보다 정확한 비교를 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

혈중 중성지방

혈중 중성지방 농도는 식후, 두 군 모두에서 공복시와 유의한 차이는 나타나지 않았고, 공복시 및 식후 모든 시간에서 두 군간의 유의성 있는 차이는 없었다(Fig. 4). 이것으로 보아 금식후 1회 식이로는 혈중 중성지방 농도에 영향이 없는 것으로 판단되며 혈당지수가 낮은 수원464를 장기간 섭취시 혈중 중성지방 농도에 변화를 초래하는지 연구할 필요가 있다고 사료된다.

본 실험은 건강한 사람에게 각각 동일한 당질함량의 수원464 백미와 일품종 백미를 섭취시켰을 때 혈당반응을 비교한

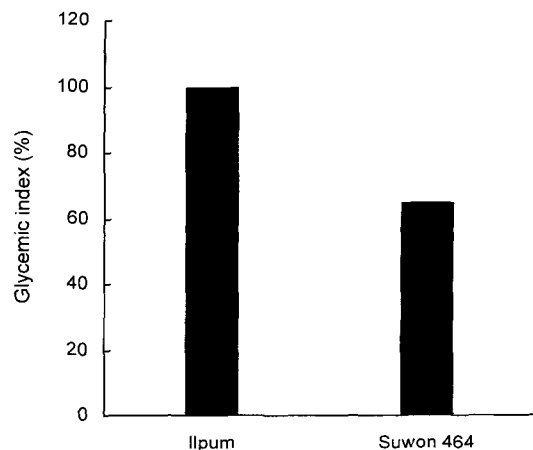


Fig. 3. Glycemic index (GI) of Ilpum and Suwon 464.

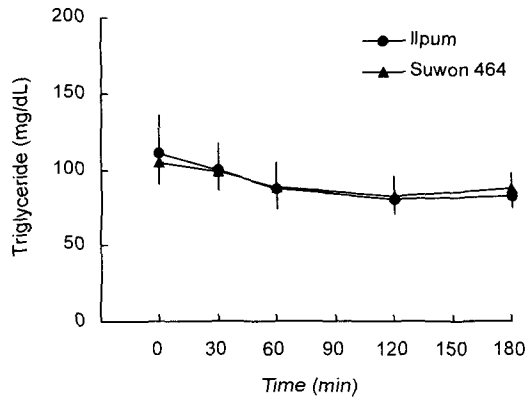


Fig. 4. Serum triglyceride response to Ipum and Suwon 464.

것으로 수원464의 혈당지수가 현저히 낮았는데 이것은 수원 464의 식이섬유함량이 일반쌀에 비하여 높기 때문이라고 해석되며 수원464 백미의 혈당지수는 문헌상에서 조사된 일반쌀 현미의 혈당지수보다 낮았으므로 당뇨병환자의 식이요법으로 활용하면 혈당조절에 효과적인 것으로 사료된다.

요 약

건강한 지원자를 대상으로 전기압력밥솥으로 조리한 수원 464 백미와 일품종 백미를 섭취시켜 혈당과 인슐린의 반응을 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 1. 식후 60분 후에서 수원 464 백미섭취군의 혈당이 일품종 백미섭취군에 비해 유의성 있게 더 감소하였다($p < 0.01$). 2. 실험 당질에 대한 혈당반응면적은 수원464 백미군이 일품종 백미군에 비해 유의성 있게 낮았다($p < 0.05$). 3. 혈청 인슐린치는 혈당반응과 유사한 패턴을 보였으며 식후 120분에서 수원464 백미군의 인슐린치가 일품종 백미군의 인슐린치 보다 유의성 있게 더 낮았다($p < 0.05$). 4. 일품종 백미의 혈당지수를 100%로 하였을 때 수원464 백미의 혈당지수는 64.5%로 매우 낮게 나타났다. 5. 혈중 중성지방 농도는 식후, 두군 모두에서 공복시와 차이는 나타나지 않았고 두 군간에도 유의한 차이는 없었다. 이상의 임상시험을 통하여 일품종에 비하여 식이섬유함량이 높은 수원464는 혈당지수가 매우 낮은 것으로 밝혀졌다.

문 헌

- Jenkins DJA, Jenkins MJA, Wolever TMS, Taylor RH, Ghafari H. 1986. Slow release carbohydrate: mechanism of action of viscous fibers. *J Clin Nutr Gastroenterol* 1: 237-241.
- Wolever TMS, Jenkins DJA. 1986. Effect of fiber and foods on carbohydrate metabolism. *Handbook of dietary fiber in human nutrition*. CRC Press Inc., New York. p 87-119.
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Feiden, H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. 1981. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34: 362-366.
- Crapo PA, Reaven G, Olefsky J. 1977. Postprandial plasma glucose and insulin responses to different complex carbohydrates. *Diabetes* 26: 1187-1183.
- Crapo PA, Insel J. 1981. Comparison of serum glucose, insulin and glucagon responses to different type of complex carbohydrate in noninsulin dependent diabetic patients. *Am J Clin Nutr* 34: 184-188.
- Wolever TMS. 1989. How important is prediction of glycemic responses? *Diabetes Care* 12: 591-593.
- Jenkins DJA, Wong GS. 1983. Leguminous seeds in the dietary management of hyperlipidemia. *Am J Clin Nutr* 38: 567-571.
- Jenkins DJA, Wolever TMS. 1982. Slow release carbohydrate improves second meal tolerance. *Am J Clin Nutr* 35: 1339-1346.
- Wolever TM. 1990. Relationship between dietary fiber content and composition in foods and the glycemic index. *Am J Clin Nutr* 51: 72-75.
- Nishimune T, Yakushiji T, Sumimoto T, Taguchi S, Konishi Y, Nakahara S, Ichikawa T, Kunita N. 1991. Glycemic response and fiber content of some foods. *Am J Clin Nutr* 54: 414-419.
- American Diabetes Association. 1978. Nutritional recommendations and principles for individuals with diabetes mellitus 1986. *Diabetes Care* 10: 126-132.
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL. 1988. Starchy foods and glycemic index. *Diabetes Care* 11: 149-159.
- Dreher ML. 1987. *Handbook of dietary fiber*. Marcel Dekker, New York.
- Ministry of Health and Welfare. 1996. *Korean Food Code* Seoul, Korea. p 35.
- AOAC. 1975. *Official Methods of Analysis*. 12th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC.
- Im SS, Kim MH, Sung CJ, Lee JH. 1991. 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: 293-299.
- Lee JS, Lee JS, Yang CB, Shin HK. 1997. Blood glucose response to some cereals and determination of their glycemic index to rice as standard food. *Korean J Nutrition* 30: 1170-1179.

(2002년 7월 19일 접수; 2002년 12월 4일 채택)