

저항전분, 통호밀 및 프락토올리고당을 첨가한 식빵의 개발과 Glycemic index 감소 효과

박민아 · 이정원[†] · 신말식¹⁾ · 이선영²⁾

충남대학교 소비자생활정보학과, ¹⁾전남대학교 식품영양학과, ²⁾충남대학교 식품영양학과

Glycemic Index Lowering Effects of Breads Supplemented with Resistant Starch, Whole Rye Grain and Fructooligosaccharide

Min-A Park, Joung-Won Lee[†], Mal-Shick Shin¹⁾, Sun-Yung Ly²⁾

Department of Consumers' Life Information, Chungnam National University, Daejeon, Korea

¹⁾Department of Food and Nutrition, Chonnam University, Gwangju, Korea

²⁾Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon, Korea

ABSTRACT

Low glycemic index (GI) foods have been reported to be very important in the control of blood glucose levels in diseases such as diabetes mellitus and obesity, which are becoming more prevalent in Korea. Bread consumption at breakfast and as a snack is also on the rise. To provide low GI alternatives, breads supplemented with dietary fibers-fructooligosaccharide (FOS), ground whole rye, and 2 types of resistance starch (RS2 and RS4)-were developed. The GIs for these breads were evaluated with 13 healthy college students (M6, F7) and sensory tests were done. Four kinds of breads were made through the modification of a basic recipe for white bread (the control, B) as follows: for Bf, the entire amount of sugar was replaced with FOS. For Ryef, 50% of the white wheat flower was replaced with roughly ground whole rye (20 mesh: 12-20 mesh = 1 : 3) in addition to replacing sugar with FOS. For RS2f and RS4f, 20% of the white wheat flower was replaced with RS2 or RS4, in addition to replacing sugar with FOS. The overall preference score of Bf was similar to that of B, while those of Ryef, RS2f and RS4f were lower than that of B, but showed the acceptable degree of the overall preference. The glycemic indices of Ryef and RS2f were 46.1 and 45.9 respectively, which were significantly lower than the GI of B, 67.8. The GIs of Bf and RS4f were, however, 66.7 and 80.5 respectively, showing no significant difference compared to B. The glycemic loads for a 30 g serving were 9.5, 5.9, 6.2, 11.0 and 9.0 for B, Bf, Ryef, RS2f and RS4f, respectively. In conclusion, addition of RS2 or roughly ground whole rye to the dough formula significantly lowered the GI. Since the preferences shown for those two breads were acceptable, they may be recommended as a substitute for white bread for persons who need blood glucose management. More studies on the bread making process are required to improve preference and acceptance. Although GI lowering effects for F and RS4 were not found in this study, further studies are needed to verify their effects. (*Korean J Community Nutrition* 12(2): 189~197, 2007)

KEY WORDS: glycemic index · bread · resistance starch type 2 & 4 · ground whole rye · fructooligosaccharide

서론

세계보건기구(WHO)는 세계적으로 당뇨병 유병율이 2000년 2.8%에서 2030년에 4.4%로 증가될 것으로 예측하고

접수일: 2007년 3월 23일 접수

채택일: 2007년 4월 17일 채택

[†]Corresponding author: Joung-Won Lee

Department of Consumers' Life Information, Chungnam National University, 220 Gung-dong, Yuseong-gu, Daejeon 304-764, Korea

Tel: (042)821-6844, Fax: (042)821-8887

E-mail: leejw@cnu.ac.kr

있으며 (American Diabetes Association 2004), 국제당뇨병연맹 (International Diabetes Federation 2006)도 당뇨병 환자수가 현재 1억 9400만명에 달하며 2025년에 약 3억명 이상이 될 것으로 추정하였다. 우리나라도 1970년대 이후 식생활이 양적, 질적으로 향상되었으나, 동물성 식품과 가공식품의 섭취가 증가하면서 식사와 관련이 깊은 순환계질환과 당뇨병이 증가하고 있다 (Jeong 2003). 2005년 국민건강영양조사에 따르면 당뇨병 유병율이 30세 이상 연령의 8.2%로 남자 9.4%, 여자 6.9%로 보고되었고 (Ministry of Health & Welfare 2005), 당뇨병으로 인한 사망률이 1985년에 인구 10만명당 6.9명, 1995년에는

17.2명 그리고 2005년에는 24.2명으로 급격하게 증가되었다(Korea National Statistical Office 2005). 이러한 증가 추세는 노인 인구 증가 현상과 함께 지속될 것으로 전망되고 있다.

당뇨병의 대사적 특징은 혈당 농도의 비정상적인 상승으로서(Coulston 등 1988), 식사요법을 통한 혈당 조절이 매우 중요하다. 최근 탄수화물의 섭취량과 종류, 탄수화물 급원 식품의 종류나 형태가 혈당 조절에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Pereira 등 2002; Willett 등 2002; Pi-Sunyer 2002; Steyn 등 2004). 최근 소화가 되지 않아 혈당 상승을 억제하는 식이섬유 소재들이 알려져 있고 탄수화물 급원이나 형태에 따라 소화되는 속도도 달라짐이 확인되었다. 소화·흡수와 혈당 상승 속도가 상관성이 있어 소화·흡수가 빠른 식품은 혈당 반응이 빨라서 혈당이 급속히 증가하였다가 감소되며 인슐린 및 다른 내분비물질의 반응도 상승시켰다고 하였다(Coulston 등 1984).

Jenkins 등(1981)은 식후 탄수화물의 소화·흡수 속도를 반영하는 혈당지수(glycemic index, GI)를 제안하였다. 혈당지수는 식품의 식후 혈당의 상승 정도를 기준식품의 혈당 상승 정도와 비교하여 백분율로 나타낸 것이다. 즉, 식품에 포함된 유용성 탄수화물(available carbohydrate) 50~100 g을 섭취한 후 나타나는 혈당 반응 곡선면적을, 기준식품인 동량의 포도당이나 동량의 유용성 탄수화물을 함유하는 식빵(white bread)을 섭취한 후의 혈당 반응 곡선면적으로 나눈 백분율을 의미한다. 따라서 혈당 반응 속도가 느린 식품은 GI가 낮다. 외국에서는 자국에서 생산되는 식품들의 GI를 측정하여 건강한 식품 선택 기준의 하나로 활용하고 있다(Foster-Powell 2002).

GI에 영향을 미칠 수 있는 식품성분으로 식이섬유 특히 수용성 식이섬유, 전분의 종류 및 물리적인 구조 등이 연구되고 있다(이가영, 2002). 호밀은 밀에 비해 식이섬유 함량이 높고 β -glucan과 β -glucan과 유사한 생리활성을 갖는 수용성 식이섬유인 arabinoxylan을 상당량 함유하고 있다(Hwang 2003). 최근 불용성 식이섬유인 저항전분에 대한 연구가 활발해지고 있는데, 저항전분은 저항전분의 형태(RS1-RS4)에 따라 다르나 전분의 구조적인 변화로 체내 효소에 의해 소화되지 않으므로 제 2형 당뇨병 치료식에 대한 가능성을 제시해 주고 있다(Muir 등 1994; Cummings & Englyst 1995; Shin 등 2006). 또한 프락토올리고당은 물리화학적으로 설탕과 유사하지만 위산이나 소화효소에 의해 분해되지 않는다고 보고되었다(Tuohy 등 2001, Guigoz 등 2002).

당뇨식에 대한 연구들로 식품의 GI 및 이에 관련된 성분

조사(Gannon & Nuttall 1987; Granfeldt 등 1994), GI가 낮은 식품에 의한 혈당조절 연구(Bornet 등 1987) 등이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 GI에 관한 우리나라의 연구는 매우 미흡하며, Lee 등(2005)의 제 1형 당뇨병 환자에서 혈당지수와 인슐린 요구량의 관계를 살펴본 연구 등이 일부 보고되었다.

따라서 본 연구에서는 최근 우리나라의 빵 소비 증가 추세에 맞추어 다양한 식이섬유를 첨가한 GI가 낮은 식빵을 개발하여 식사나 간식으로 빵을 섭취하는 당뇨병 환자에게 제공하고자 하였다. 식빵에 첨가하는 식이섬유로는 두 가지 형태의 저항전분, 통호밀가루 및 프락토올리고당을 사용하였으며 개발 제조된 식빵의 기호도와 GI를 측정하였고, 일반 식빵과 비교분석하여 GI 저하 효과를 평가하였다.

연구 재료 및 방법

1. 식빵의 제조

식빵 재료인 밀가루는 삼양사 강력분을 사용하였으며 프락토올리고당(순도 95%, 삼양제넥스)과 식이섬유소재 이외의 재료는 재료전문점에서 구입하였다. 호밀은 충남 신탄진에서 수확된 통호밀을 구입하여 hammer 방식의 곡물분쇄기(SuperMill 1500, Newport Scientific)로 분쇄한(motor speed 1400 rpm at 50 Hz) 다음, 입자 크기가 20 mesh 미만인 것과 12~20 mesh 사이인 호밀가루로 만들어 두 종류를 1대 3의 비율로 섞어 사용하였다. 저항전분(resistant starch, RS)은 Hi-Maize type 2(RS2, National Starch Co. USA)와 cross-linked wheat starch(RS4, MGP ingredients, USA)를 동아제분주식회사로부터 구하였다.

식이섬유 소재로 프락토올리고당, 통호밀가루, RS2 및 RS4를 첨가하여 Table 1과 같은 배합비로 4종류의 식빵을 제조하였다. 식이섬유의 배합 비율은 기본 식빵배합(월간제과제빵, 2002)과 선행 연구(Song 등 2000) 및 여러 단계의 예비실험을 거쳐 정하였다.

빵 반죽은 AACC(10-10A)의 직접 반죽법에 준하였으며(AACC, 2000), 반죽기(영성과학, Ysm 50B)를 사용하였다. 생이스트(오뚜기)와 이스트푸드(유니온무역상사, s-500)를 사용하여 온도 30°C, 상대습도 75%인 발효기(대영기기)에서 50분간 1차 발효시켰고, 200 g으로 분할하여 1차 punch후 각각 둥글리기 한 것을 실온에서 약 20분간 중간 발효하였다. 그 후 2차 punch를 하여 발효된 반죽의 기포를 뺀 후 성형하여 baking pan에 반죽 800 g을 넣어서 온도 38°C, 습도 85% 조건에서 40분간 2차 발효를 시킨 다

Table 1. Dough formula for making bread

Ingredient	B (g)	Bf (g)	Ryef (g)	RS2f (g)	RS4f (g)
Wheat flour	1000	1000	500	800	800
Rye, grinded	-	-	500	-	-
RS2	-	-	-	200	-
RS4	-	-	-	-	200
Sugar	80	-	-	-	-
Fructooligosaccharide	-	80	80	80	80
Salt	18	18	18	18	18
Yeast	24	24	24	24	24
Butter	80	80	80	80	80
Nonfat dry milk	30	30	30	30	30
Improver (s-500)	20	20	20	20	20
Egg	100	100	100	100	100
Water	510	510	444	538	540

B: White bread with sugar
 Bf: White bread with fructooligosaccharide
 Ryef: Bread with rye and fructooligosaccharide
 RS2f: Bread with RS2 and fructooligosaccharide
 RS4f: Bread with RS4 and fructooligosaccharide

음, 윗불 200°C, 아랫불 200°C의 오븐(Sinmag, SM-803S)에서 구워냈다. 호밀가루를 넣은 빵을 제조할 경우엔 분량의 호밀가루에 물 200 g을 넣어 2시간 동안 수화시켜 사용하였다. 빵은 구운 즉시 틀에서 꺼내 실온에서 4시간 방냉시킨 후 1 cm 두께로 썬 것을 모든 실험에 사용하였다.

2. 기호도 조사

빵의 기호도 조사는 식품영양학과 학생 25명을 대상으로 관능검사 방법에 대해 설명한 다음 실시하였다. 식빵 시료는 당일 제조한 것을 1 cm 두께로 썰어서 관능검사 10분전에 흰 접시에 한 장씩 놓아 제공하였고, 빵 껍질을 제외하고 빵속(crumb)만을 대상으로 평가하도록 하였다. 평가항목은 모양, 색, 향미, 맛, 조직감과 전체적인 선호도이었고, 이 평가항목의 평균을 전체적인 수용도로 간주하여 분석하였다. 평가척도는 매우 나쁘다(1점), 나쁘다(2점), 보통이다(3점), 좋다(4점), 매우 좋다(5점)의 5점 척도로 기호도를 평가하였다

3. 식빵의 수분 및 유용성 탄수화물의 정량

1) 수분함량의 측정

신선한 식빵의 안쪽 부분을 1cm³으로 잘라서 적외선 수분 측정기(Sartorius, Germany)로 수분함량을 2회 반복 측정하였다.

2) 식빵의 유용성 탄수화물 정량

식빵의 유용성 탄수화물(available carbohydrates) 함

량은 총전분, 총식이섬유 및 총당류의 정량값을 이용하여 아래 공식을 이용하여 산출하였다(Brouns 등 2005).

$$\text{유용성 탄수화물} = \text{총 전분} \times 1.1 - \text{총 식이섬유} \times 1.1 + \text{총 당류}$$

총전분, 총식이섬유 및 총당류의 분석은 2회 반복하였으며, 시료는 냉동건조된 식빵 속을 mortar를 이용하여 분쇄하고 100 mesh 체를 통과시켜 준비하였다. 총전분 함량은 α -amylase/amyloglucosidase method를 이용한 Mega-zyyme kit (Megazyme, Ireland)를 사용하여 실시하였고, 총 식이섬유는 AOAC 방법(1995)으로 TDF-100A kit (Sigma, USA)를 이용하여 측정하였다. 총 당류 즉 단당류와 이당류 함량의 합은 함유된 유리당을 추출하여 phenol-sulfuric 방법에 의해 정량하였다.

4. Glycemic index와 Glycemic load의 측정

Glycemic index(GI) 측정을 위한 시험대상자 선정, 혈당 측정, GI 산출 등 제반 과정은 Brouns 등(2005)의 방법에 준하였다. GI측정을 위한 총 시험 기간은 10주로서 각 시료의 GI 측정 시험은 일주일 간격으로 실시하였다. 처음 3주간은 기준식품으로 사용한 포도당 시험을 3회 반복 실험하고 그 후 7주에 걸쳐 대조군을 포함한 5가지 식빵시료의 시험을 1회씩 실시하였다

시험대상자는 공복시 혈당이 정상범위에 속하고 외견상 건강하며, 본 연구의 취지와 내용을 충분히 이해하고 협조할 수 있는 대학생 13명(남자 6, 여자 7)으로 선정하였다. 시험대상자의 체중과 체지방량을 측정하였고, 혈액검사, 흉부 X-선 검사 및 일반 뇨검사를 보건소에 의뢰하여 실시하였다.

혈당 측정을 위해 시험대상자들은 시험 전날 적어도 24시간 이상 금연하고, 폭식이나 절식을 삼가고 가벼운 일상 활동만 하도록 하였으며, 전날 밤 9시 이후부터 12시간 이상 공복상태에서 다음 날 아침 9시~10시에 혈당 측정 시험을 시작하였다. 시험용 식빵은 유용성 전분함량이 50 g 되도록 빵 속을 정량한 것을 밀봉하여 시험 전까지 -70°C에 저장하였다가 실험 직전에 실온으로 해동시킨 다음 이용하였다.

혈당은 포도당탈수소효소법(미생물)을 이용한 가정용 혈당측정계(Medisense Optium, ABBOTT Co.)로 측정하였다. 공복상태에서 시험대상자의 손끝에서 채혈하여 혈당을 측정한 다음 포도당 50 g 또는 유용성 전분 함량이 50 g 이 되도록 정량된 시험용 식빵을 섭취시키고 포도당 또는 실험용 식빵을 처음 먹기 시작한 때부터 15, 30, 45, 60, 90, 및 120분에 각각 손끝에서 채혈하여 혈당을 총 7회 측정하였다. 포도당은 50 g을 250 mL의 물에 용해시켜서 처음 한

모금에서 마지막까지 5분~10분 이내에 섭취하도록 하였고 식빵은 250 mL의 물과 함께 10~20분 사이에 천천히 섭취하도록 하였다.

GI는 공복시 혈당을 기준으로 하여 포도당이나 시험 식빵을 섭취한 후 120분까지의 혈당상승면적을 측정하고 시험 식빵의 혈당상승면적을 포도당의 혈당상승면적으로 나눈 백분율로 산출하였다(Brouns 등 2005). Gycemic load (GL)은 1인 1회 분량을 고려한 다음 공식을 이용하여 산출하였다(Foster-Powell 등 2002).

$$GL = \frac{GI}{100} \times 1\text{회 serving size의 유용성 탄수화물 함량}$$

6. 통계처리

통계처리는 SPSS 12.0 program을 이용하여 시험군별 평균치와 표준오차를 구하였고, 시험군간 차이는 일반선형 모델(GLM)과 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다.

결 과

1. 식이섬유 첨가 식빵의 수분 및 유용성 탄수화물

식이섬유를 달리하여 제조한 4가지 빵의 수분 및 탄수화

물의 함량은 Table 2와 같다. 빵의 수분함량은 35.8~37.8% 로서, 대조군(B)의 재료 중에서 설탕과 밀가루 일부를 프락토올리고당과 RS4로 대체한 식빵(RS4f)이 가장 높았으나 유의적인 차이는 없었다.

총 전분 함량과 총 식이섬유 함량은 서로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 총 전분 함량은 Ryef가 가장 낮고 RS4f가 가장 높았다. 총 식이섬유 함량은 대조군(B)이 2.91%로 설탕을 프락토올리고당으로 대체한 경우(Bf) 3.23%로 유의적인 증가가 없었으나, 프락토올리고당으로 대체한 식빵에 식이섬유소재를 첨가했을 때 총식이섬유 함량이 유의적으로 증가하였는데 통호밀가루와 프락토올리고당을 넣은 Ryef와 RS2와 프락토올리고당을 넣은 RS2f는 각각 평균 7.29%, 7.31%로 4.06%, 4.08% 증가하여 비슷한 식이섬유 증가량을 보였으나 RS4f는 4.7%로 1.47% 증가하였다.

총 전분 함량, 총 식이섬유 함량 및 총 당류 함량의 평균값으로부터 산출한 유용성 탄수화물의 함량은 63.7~73.9% (건물당)로서 Ryef와 RS2f가 나머지 3개 식빵보다 적은 값을 보였다.

2. 기호도

다섯 가지 식빵에 대한 관능검사 결과는 Table 3과 같다.

Table 2. Moisture and carbohydrate contents of breads

Content	B	Bf	Ryef	RS2f	RS4f
Moisture (%)	35.81 ± 0.27 ¹⁾	37.00 ± 0.70	36.44 ± 0.43	36.43 ± 0.22	37.80 ± 1.35
Dry basis (%)					
Total starch	59.77 ± 1.78 ^b	56.92 ± 0.60 ^c	54.53 ± 0.82 ^d	56.85 ± 1.08 ^c	62.33 ± 0.35 ^a
Total dietary fiber	2.91 ± 0.25 ^c	3.23 ± 0.37 ^c	7.29 ± 0.57 ^a	7.31 ± 0.38 ^a	4.70 ± 0.85 ^b
Total sugar	11.34 ± 0.92	10.33 ± 0.24	11.77 ± 0.07	10.62 ± 0.38	9.64 ± 0.97
Available carbohydrate	73.89	69.39	63.73	65.11	73.03

1) Values are Mean ± SD

^{abc}Values with different superscripts in the same row are significantly different each other at $p < 0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test.

B: White bread with sugar, Bf: White bread with fructooligosaccharide, Ryef: Bread with rye and fructooligosaccharide, RS2f: Bread with RS2 and fructooligosaccharide, RS4f: Bread with RS4 and fructooligosaccharide

Table 3. Sensory test data of breads with different dietary fiber sources

Variables	B	Bf	Ryef	RS2f	RS4f
Shape	3.52 ± 0.65 ^{ab}	4.40 ± 0.50 ^c	3.64 ± 0.76 ^b	2.96 ± 0.68 ^a	3.24 ± 0.01 ^{ab}
Color	3.84 ± 0.47 ^{ab}	4.00 ± 0.50 ^b	3.64 ± 0.76 ^{ab}	3.56 ± 0.51 ^{ab}	3.44 ± 0.65 ^a
Flavor	3.32 ± 0.69 ^b	3.48 ± 0.65 ^b	3.28 ± 0.61 ^{ab}	3.00 ± 0.65 ^{ab}	2.80 ± 0.58 ^a
Taste	4.00 ± 0.50 ^c	3.72 ± 0.61 ^c	3.16 ± 0.80 ^b	3.04 ± 0.61 ^{ab}	2.56 ± 0.65 ^a
Texture	4.12 ± 0.67 ^b	3.52 ± 0.82 ^c	3.36 ± 0.9 ^b	3.16 ± 0.75 ^{ab}	2.72 ± 0.61 ^a
Overall acceptability	3.76 ± 0.27 ^c	3.82 ± 0.37 ^c	3.42 ± 0.43 ^b	3.14 ± 0.30 ^{ab}	2.95 ± 0.43 ^a

Values are Mean ± SD

^{abc}Values with different superscripts in the same row are significantly different each other at $p < 0.05$ by GLM and Duncan's multiple range test.

B: White bread with sugar, Bf: White bread with fructooligosaccharide, Ryef: Bread with rye and fructooligosaccharide, RS2f: Bread with RS2 and fructooligosaccharide, RS4f: Bread with RS4 and fructooligosaccharide

평가 항목인 빵의 모양, 색, 향미, 맛, 질감, 전체적인 수용도 평가에서 RS4f를 제외한 모든 시료가 5점법에서 평균 3점 이상의 점수를 받았다. 프락토올리고당을 첨가한 식빵 Bf는 모양과 질감에서 대조군 B와 차이를 보였으나 전체적인 수용도는 비슷하였고, 프락토올리고당에 식이섬유를 첨가한 Ryef, RS2f 및 RS4f는 Bf보다 모든 항목에서 낮은 기호도를 보였는데 식이섬유 종류에 따른 차이를 보이지 않았다. 전체적인 수용도 점수가 B와 Bf 각각 평균 3.76, 3.82로 가장 높았고 RS4f는 2.95로서 가장 낮았다($p < 0.05$).

3. GI와 GL

1) 시험대상자의 일반사항

시험대상자 13명(남자 6, 여자 7)의 평균 나이는 22.2 ± 0.8세였으며, BMI는 22.87 ± 3.9 kg/m²로 정상범위에 속하였다(Table 4). 지역 보건소에서 실시한 흉부 X-선 검

Table 4. Age, body size and blood test levels of the subject participated in GI test

Variables	Mean ± SE
Age (year)	22.2 ± 0.8
Weight (kg)	66.7 ± 3.7
Height (cm)	170.4 ± 2.8
Body mass index (kg/m ²)	22.9 ± 1.1
Fasting blood glucose (mg/dL)	91.9 ± 1.2
HbA1c (%)	5.5 ± 0.1
Total cholesterol (mg/dL)	203.1 ± 15.9
Blood urea nitrogen (mg/dL)	10.9 ± 0.6
Creatine (mg/dL)	0.7 ± 0.0
Hemoglobin (g/dL)	15.2 ± 0.5
Hematocrit (%)	39.8 ± 1.1
Red blood cell (10 ⁶ /uL)	4.7 ± 0.1
White blood cell (10 ³ /uL)	5.6 ± 0.4
Platelet (10 ³ /uL)	221.3 ± 11.3
SGOT (IU/L)	20.1 ± 1.0
SGPT (IU/L)	12.5 ± 1.4

Table 5. Glycemic index of breads

Reference food	B	Bf	Ryef	RS2f	RS4f
Glucose (n = 13)	67.8 ± 6.28 ^b	80.9 ± 7.49 ^b	46.1 ± 5.16 ^a	45.9 ± 3.19 ^a	66.7 ± 7.37 ^b
Female (n = 7)	66.9 ± 6.7 ^{NS}	95.3 ± 8.8 ^{NS}	48.6 ± 9.4 ^{NS}	46.5 ± 4.6 ^{NS}	71.8 ± 9.4 ^{NS}
Male (n = 6)	68.7 ± 11.3	69.3 ± 14.1	43.5 ± 5.1	45.4 ± 4.8	59.5 ± 10.0
White bread (n = 13)	-	132.2 ± 18.1 ^b	75.0 ± 13.5 ^a	73.6 ± 8.3 ^a	104.0 ± 14.3 ^{ab}

Values are Mean ± SE

^aValues with different superscripts in the same row are significantly different each other at $p < 0.05$ by GLM and Duncan's multiple range test.

^{NS}Not significant between the male and the female by t-test

B: White bread with sugar, Bf: White bread with fructooligosaccharide, Ryef: Bread with rye and fructooligosaccharide, RS2f: Bread with RS2 and fructooligosaccharide, RS4f: Bread with RS4 and fructooligosaccharide

사는 전원 정상이었으며, 일반 소변 및 혈액 검사의 평균치는 모두 정상 범위에 속하였고. 혈액 분석치 중에서 공복시 혈당이 91.9 ± 1.2 mg/dL, HbA1c가 5.5 ± 0.1이었다. 그런데 Total cholesterol은 203.1 ± 15.9 mg/dL로서 고콜레스테롤 진단기준인 200 mg/dL보다 높은 대상자 수가 전체 13명 중에서 4명이었다.

2) GI와 GL

식이섬유소재가 다른 식빵의 GI는 Table 5와 같이 RS2f가 45.9 ± 3.19, Ryef 46.1 ± 5.16로서 다른 식빵들에 비해 유의하게 낮았으며 다음으로 RS4f 66.7 ± 7.37, 대조군인 B가 67.8 ± 6.28, Bf 80.9 ± 7.49로서 서로 유의적인 차이가 없었다. 식빵 모두 성별에 따른 GI의 차이는 없었다. Bf와 RS4f의 GI 평균이 여자에서 높았지만 통계적 유의성은 없었다. 흰식빵을 기준으로 산출한 GI(GI-br)는 RS2f와 Ryef가 각각 73.6 ± 8.3, 75.0 ± 13.5로서 Bf에 비해 유의하게 낮았으며, RS4f의 GI-br이 104.0 ± 14.3로서 다른 3가지 식빵들과 유의적인 차이가 없었다.

우리나라의 식사구성안과 외국(Foster-Powell 등 2002)에서 제시되는 식빵의 one serving size인 100 g과 30 g을 고려하여 산출한 GL을 Table 6에 제시하였다. 1인 1회 분량을 30 g으로 할 때 RS2f의 GL이 5.9 ± 0.4, Ryef가 6.2 ± 0.7로서 나머지 3가지 식빵의 GL 9.0~11.0 보다 유의적으로 낮게 나타났다. 100 g을 1인 1회 분량으로 할 때 GL 값은 증가했으나 30 g과 같은 경향을 보여, RS2f 19.7 ± 1.4, Ryef 20.6 ± 2.3으로 낮아 유의적 차이를 보였으며 나머지 3가지 식빵은 29.9~36.6이었다.

3) GI와 체질량지수 및 혈액분석치의 상관관계

GI와 체질량지수 및 혈액분석치간의 상관관계를 알아본 결과 Table 7과 같이 대부분이 GI와 유의한 상관관계를 나타내지 않았다. 다만 공복시 혈당은 B의 GI와 유의한 부의 상관관계를 보였다.

Table 6. Glycemic load (GL) of breads

Serving size		B	Bf	Ryef	RS2f	RS4f
30g	GL	9.6 ± 0.9 ^b	10.6 ± 1.0 ^b	5.6 ± 0.7 ^a	5.7 ± 0.4 ^a	9.1 ± 0.9 ^b
	Available carbohydrate(g)	14.2	13.1	12.2	12.4	13.6
100g	GL	32.1 ± 2.9 ^b	35.4 ± 3.4 ^b	18.7 ± 2.3 ^a	19.0 ± 1.4 ^a	30.3 ± 3.1 ^b
	Available carbohydrate(g)	47.4	43.7	40.5	41.4	45.4

Values are Mean ± SE

^{a,b}Values with different superscripts in the same row are significantly different each other at $p < 0.05$ by GLM and Duncan's multiple range test.

B: White bread with sugar, Bf: White bread with fructooligosaccharide, Ryef: Bread with rye and fructooligosaccharide, RS2f: Bread with RS2 and fructooligosaccharide, RS4f: Bread with RS4 and fructooligosaccharide

Table 7. Correlation coefficients among GI, body mass index, and blood test levels

		Body mass index	Fasting blood glucose	HbA1c	Total cholesterol	Blood urea nitrogen	Creatinine	Hemoglobin	Hematocrit	Red blood cell	White blood cell	Platelet
GI	B	-0.536	-0.695*	0.202	0.190	0.080	0.208	0.336	0.469	0.417	0.136	0.251
	Bf	-0.212	0.132	-0.363	0.175	0.134	-0.271	-0.258	-0.221	-0.448	-0.007	-0.100
	Ryef	-0.044	0.172	-0.470	-0.133	-0.305	-0.142	-0.219	-0.235	-0.365	-0.318	-0.313
	RS2f	-0.021	-0.264	-0.181	0.038	0.054	-0.227	-0.122	-0.142	0.173	-0.187	-0.172
	RS4f	0.315	-0.392	0.043	0.194	-0.120	-0.173	-0.155	-0.055	0.011	-0.438	-0.356

*: $p < 0.05$

B: White bread with sugar, Bf: White bread with fructooligosaccharide, Ryef: Bread with rye and fructooligosaccharide, RS2f: Bread with RS2 and fructooligosaccharide, RS4f: Bread with RS4 and fructooligosaccharide

고 찰

식빵 제조시 첨가한 4가지 식이섬유 중에서 거친 통호밀가루와 저항전분 제2형(RS2)은 혈당지수를 낮추는 효과가 컸으나 저항전분 4형(RS4)과 프락토올리고당은 거의 나타나지 않았다. 본 연구에서 실시한 13명의 건강인 대상의 GI 측정 방법은 다른 연구결과들과 비교할 때 타당성이 있음을 알 수 있다. 즉 Table 4에서 보듯이 대조군으로 사용한 흰식빵 B의 GI 값이 67.8 ± 6.28 로서 다른 연구 보고들의 69 ± 5 , 71 ± 7 등과 유사하였고(Foster-Powell 2002), 1인 1회 분량이 30 g일 때의 GL도 9.6 ± 0.9 로서 역시 다른 연구보고의 9~10과 비슷했다(Foster-Powell 2002).

거친 통호밀가루와 RS2를 밀가루에 각각 50%와 20% 대체했을 때(Ryef와 RS2f) GI 및 GL이 유의하게 감소하였다. 감소 정도는 대조군 식빵(B)의 32.0~32.3%, 프락토올리고당만을 넣은 식빵(Bf)의 43.0~43.3%이었다. Ryef의 GI는 46.1로서 Wolver 등(1994)의 거칠은 호밀빵(whole grain pumpernickel)의 GI 46과 같은 수준이었다. GL은 1997년 Harvard 대학교에서 한 끼 식사에 혈당 효과를 나타내기 위해 처음 제시된 개념으로 1일 섭취량 및 섭취횟수를 고려하여 산출한 지수로서 식이로 섭취되는 탄수화물이 혈당에 미치는 영향을 알 수 있는 지표이다. 낮은

GI와 GL은 제2형 당뇨병을 포함하여 심혈관질환, 비만과 특정 암의 발생 위험을 낮출 가능성이 있다고 보고되고 있다(Bornet 1987; Morris 1999; Pi-sunyer 2002; Willet 등 2002). 따라서 혈당 관리 등의 목적으로 GI가 낮은 빵의 섭취가 필요한 경우 흰식빵 대신 거친 호밀가루와 RS2를 첨가한 식빵(Ryef와 RS2f)의 섭취를 권장할 수 있다. Ryef와 RS2f의 전반적인 선호도 점수가 대조군인 흰식빵(B)이나 프락토올리고당을 첨가한 식빵(Bf)보다 낮은 값을 보였으나 5점법에서 3.14~3.42점의 점수를 받았으므로 기능적인 면을 고려할 때 식빵을 선택하는 데는 큰 문제점이 없을 것으로 생각된다. 즉 흰식빵보다 낮은 선호도를 보이거나 식이섬유를 보충하여 건강 기능성을 향상한 점과 낮은 GI를 갖는다는 점은 당뇨환자의 혈당 저하 식품으로 충분한 가능성을 보인다고 판단된다.

Ryef의 GI 감소효과는 통호밀의 외피와 배유내에 함유된 높은 수용성 식이섬유함량(β -glucan과 arabinoxylan)과 큰 입자크기에 기인하는 것으로 사료된다(Nyman 등 1984; Aman 등 1997). B와 Bf의 총 식이섬유 함량이 2.91~3.23%임에 반해 Ryef는 7.29%로 226~250% 증가하였으며(Table 2), 통호밀가루는 입자크기가 1 mm 정도로 거칠어 소화효소의 공격면적을 적게 하여 소화를 늦춰줌으로서 혈당반응 속도를 낮추었다고 생각된다(Pereira 등 2002; Steyn 등 2004).

저항전분 제 2형(RS2)을 첨가한 식빵 RS2f도 총 식이섬유 함량과 GI가 Ryef와 유사하였으며, Ryef와 같은 수준의 GI 감소효과를 나타냈다. 저항전분은 탄수화물 분해효소의 활성을 저하시킴으로서 GI를 낮추는 것으로 보고되고 있으며 본 연구는 이와 일치하는 경향을 보였다(Lee & Oh 2004). 시료로 사용한 RS2는 아밀로오스 함량이 90%인 생 옥수수전분으로 B형의 결정형을 갖으며(Shin 2004) 호화온도가 높아 100°C에서 호화되지 않으며 소화효소에 의해 분해되지 않아 총 식이섬유 함량이 높다.

반면, 변성전분인 가교결합에 의해 형성된 RS4를 첨가한 식빵 RS4f는 RS2와는 달리 GI 저하 효과가 나타나지 않았다. 이는 RS4f의 총 식이섬유 함량이 4.70%로서 RS2f의 7.31%에 비해 매우 낮았음(Table 2)과 일치하는 결과로서, 시료로 사용한 RS4의 AOAC방법에 의해 분석한 총 식이섬유 함량이 RS2 시료의 총 식이섬유 함량보다 낮거나, RS4를 첨가하여 식빵을 제조하는 과정에서 RS4가 효소작용을 잘 받는 형태로 변화되었기 때문에 RS4f의 총 식이섬유 함량이 낮게 나타났고 따라서 GI감소 효과가 없는 것으로 생각되었다. 즉, 본 연구에서 사용한 RS4 시료는 RS2에 비해 많은 부분이 시험대상자의 체내에서 소화되어 혈당 반응 증가에 기여했을 것으로 추정할 수 있다. 한편 RS4의 총 식이섬유 함량 분석에 대한 AOAC 방법과 pancreatin 방법의 차이가 Shin 등(2004)에 의해 보고되어 RS4를 첨가한 식품의 GI를 측정하기 위해서는 인체내 체장 α -amylase에 의한 소화조건과 유사한 분석법인 pancreatin-gravimetric method(37°C, pancreatin, 16시간 분해)를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

앞으로 식품에 RS 유형별 활용과 그 식품의 GI 측정 등 건강생리적 기능에 대한 임상연구가 더욱 활발하게 이루어진다면 건강식품 개발과 선택, 그에 따른 영양 및 건강관리에 RS의 역할은 증가될 것이다. 우리나라에서 RS를 이용한 식품의 품질 특성(Joe & Ahn 1996; Mun & Shin 2000; Song 등 2000), RS를 실험동물에게 섭취시켰을 때의 생리적인 효과(Jeong 2003) 등의 연구는 있으나 RS 활용 식품의 건강기능적 효과에 대한 인체시험 연구(Oh 등 2002; Lee & Oh 2004)는 매우 적은 실정이다.

설탕을 프락토올리고당으로 대체하여 식빵을 제조하면(Bf) GI가 감소될 것으로 기대하였으나 대조군(B)과 유의적 차이가 없었다. 이는 Wahlqvist 등(1978)의 단당류, 이당류, 올리고당, 다당류 형태로 식이를 섭취하였을 때 혈당, 혈장 인슐린, 혈장 지방산의 변화에 차이가 없었다는 연구와 설탕은 일부 복합당질보다 GI가 낮다는 연구(Miller 등 1995; Rickard 등 2001)와 일치하는 경향이다. 또한

Drevon & Bornet(1992)는 건강인과 당뇨병환자를 대상으로 한 연구에서 25 g의 프락토올리고당 섭취시 식후 혈당 반응이 크게 변화하지 않았다고 보고한 바 있다. 그러나 식빵을 구울 때 200°C 온도에서 구워 가열에 따른 프락토올리고당의 분해 가능성을 생각할 수 있다. Kim 등(1995)은 프락토올리고당을 pH 5.5, 100°C에서 30분간 가열했을 때는 거의 분해되지 않았으나 120°C에선 10% 정도, 140°C에선 20~25%, 160°C에선 100% 분해되었다고 하였다. 식빵을 구울 때 내부온도는 85~95°C이나 표면은 200°C에 가까워 일부 파괴되었을 것으로 생각되었다. Bf의 총 식이섬유 함량이 대조군과 유사하였으므로 식빵제조 과정에 일부 파괴되고 그로인해 GI가 감소되지 못했을 것을 추측할 수 있다. 그러나 본 연구결과로 프락토올리고당이 혈당에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해서는 단언하기는 힘들며 이를 입증하기 위해서는 더욱 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

식빵을 주식으로 하는 서양에서는 GI 측정에 흰식빵을 기준식품으로 사용하므로(Foster-Powell 등 2002) 흰식빵(B)의 측정치가 1회에 불과하지만 4가지의 식빵의 흰식빵에 대한 GI(GI-br)를 산출한 결과(Table 5), GI-br은 RS2f가 73.6, Ryef 75.0으로 유사하게 나타났고 Bf는 132.2로서 유의적으로 높았다. RS4f는 104.0로서 이들의 중간 수준이었다. 쌀밥이 주식인 우리나라와 아시아에서는 쌀밥을 reference food로 하여 GI를 산출하는 것도 활용 측면에서 의미가 클 것으로 사료된다(Lee 등 1997; Sugiyama 등 2003).

시험대상자의 건강상태가 GI 측정에 미치는 영향 여부를 검토하기 위해 GI값과 체질량지수 및 혈액분석치의 상관관계를 분석했으나 유의한 상관성을 보인 것은 거의 없었다. 시험 대상자의 일부가 혈중 콜레스테롤 수준이 200 mg/dL보다 높았으나 의미 있는 영향을 주지 않았을 것으로 사료된다. 흰식빵 B의 경우 다른 4가지 식빵과는 달리 공복시 혈당과 유의한 상관관계를 보였다. 제1형 당뇨병(IDDM) 환자에서 공복시 혈당값이 GI측정에서 혈당반응 수준과 역의 상관관계를 나타냈다는 보고가 있으나(Nielson & Nielson 1989), 다른 여러 연구들에서 반대되는 보고들이 있고(Jenkins 등 1983; Wolver 등 1991) 또한 본 연구의 시험대상자들의 공복시 혈당수준은 모두 정상범위 내이고 다른 4가지 식빵에서는 이러한 상관관계가 나타나지 않았으므로 어떤 결론을 내리기가 가능하지 않다.

요약 및 결론

본 연구는 혈당 관리가 필요한 사람에게 혈당지수가 낮은

식빵을 제공할 목적으로, 설탕을 프락토올리고당으로 대체하고 식이섬유로서 거친 통호밀가루와 저항전분 2가지(RS2와 RS4)를 밀가루에 일정 비율 첨가한 식빵을 개발하여 기호도 및 혈당지수(glycemic index, GI)를 평가하였다. 식빵의 관능평가 결과 대조군과 프락토올리고당을 첨가한 흰 식빵(Bf)이 5점 중에 3.8점의 높은 기호도를 보였고 식이섬유를 첨가한 경우 3.4~3.0점으로 보통이상이었다. 건강한 남녀 대학생 13명의 평균 GI는 유의적인 차이를 보여 RS2(RS2f)와 통호밀(Ryef)이 45.9와 46.1로 대조군의 67.8보다 낮았으나 RS4(RS4f)와 프락토올리고당(Bf)은 각각 66.7와 80.5로 대조군과 유사하였다. 1인 1회 분량을 30g으로 하여 산출한 GL도 같은 경향으로 Ryef와 RS2f가 다른 것에 비해 낮았다.

결론적으로 저항전분 제2형과 거친 통호밀가루로 제조한 식빵은 GI 감소 효과를 나타냈고 기호도도 보통 이상으로 수용 가능하므로 혈당 관리가 요구되는 사람들의 건강기능성 식빵으로서 권장될 수 있을 것이다. 식빵의 기호도 향상을 위해 식빵 제조 과정의 개선이 요구된다. GI 감소 효과가 나타나지 않은 프락토올리고당과 RS4가 GI에 미치는 영향에 대해서는 추후 더 연구되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- AACC (2000): Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. 10-10B St. Paul, MN
- American Diabetes Association (2004): Global prevalence of diabetes. *Diabetes Care* 27: 1047-1053
- Aman P, Nilsson M, Andersson R (1997): Positive health effects of rye. *Cereal Foods World* 42: 684-688
- AOAC (1995): Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists Method 991.43, 16th ed. Arlington, VA, USA
- Bornet FRJ, Costagliola D, Rizkalla SW, Blayo A, Fontvieille A-M, Haardt M-J, Letanoux M, Tchobroutsky G, Slama G (1987): Insulinemic and glycemic indexes of six starchrich foods taken alone and in a mixed meals by type 2 diabetics. *Am J Clin Nutr* 45: 588-595
- Brouns FI, Bjorck KN, Frayn AL, Gibbs V, Lang G, Slama A, Wolever TMS (2005): Glycaemic index methodology. *Nutr Res Rev* 18: 145-171
- Coulston AM, Hollenbeck CB, Liu GC, William RA, Starich GH, Mazzaferri EL, Reaven GM (1984): Effect of source of dietary carbohydrate on plasma glucose, insulin, and gastric inhibitory polypeptide responses to test meals in subjects with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr* 40: 965-970
- Coulston AM, Hollenbeck CB (1988): Source and amount of dietary carbohydrate in patients with noninsulin-dependent diabetes mellitus. *Top Clin Nutr* 3: 17-24
- Cummings JH, Englyst HN (1995): Gastrointestinal effects of food carbohydrate. *Am J Clin Nutr* 61: 938-945
- Drevon T, Bornet F (1992): Les furcto-oligosaccharides: ACTLIGHT In; Le sucre, les sucres, les edulcorants et les glucides de charge dans les IAA. Ed. pp. 313-338, TEC & DOC Lavoisier
- Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC (2002): International tables of glycemic index and glycemic load values. *Am J Clin Nutr* 76: 5-56
- Gannon MC, Nuttall FQ (1987): Factors affecting interpretation of postprandial glucose and insulin areas. *Diabetes Care* 10(6): 759-763
- Granfeldt Y, Liljeberg H, Drews A, Newman R, Bjork I (1994): Glucose and insulin response to bakery products: Influence of food structure and amylose- amylopectin ratio. *Am J Clin Nutr* 59: 1075-1082
- Guigoz T, Rochat F, Perrisseau-Carrier G, Rochat I, Schiffrin EJ (2002): Effect of oligosaccharide on the faecal flora and non-specific immune system in elderly people. *Nutr Res* 22: 13-25
- International Diabetes Federation (2005): <http://www.idf.org/fack&figures/prevalence>
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL, Thorne MJ, Lee R, Kalmisky J, Reichert R & Wong GS (1983): Glycemic index of food tested in diabetic patients: a new basis for carbohydrate exchange favouring the use of legumes. *Diabetologia* 24: 257-264
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Feiciden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV (1981): Glycemic index of food : A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34: 362-366
- Jeong MG (2003): Effect of resistant starch on blood glucose and lipid metabolism in rat and human with diabetes mellitus. Dankook University PhD thesis
- Joe AR, Ahn SY (1996): Effect of addition enzyme-resistant starch on texture characteristics of corn bread. *Korean J Soc Food Sic* 12(2): 207-213
- Kim JR, Yook C, Kwon HK, Hong SY (1995): Physical and physiological properties of isomaltooligosaccharides and fructooligosaccharides. *Korean J Food Sci Technol* 27(2): 170-175
- Korea National Statistical Office (2005): <http://www.nso.go.kr>
- Lee HJ, Kim KB, Han KA, Min KW, Kim EJ, Kim KN (2005): Effects of the glycemic index of dietary carbohydrates on insulin requirement in type 1 diabetics on continuous subcutaneous insulin infusion. *Diabetes* 29(1): 72-77
- Lee JS, Lee JS, Yang CB, Shin HK (1997): Blood glucose response to some cereals and determination of their glycemic index to rice as the standard food. *Korean J Nutr* 30(10): 1170-1179
- Lee YH, Oh SH (2004): Effect of resistant starch on human glycemic response. *Korean J Community Nutr* 9(4): 528-535
- Ministry of Health & Welfare (2005): <http://www.mohn.go.kr>
- Miller JB, Pang E, Broomhead L (1995): The glycemic index of foods containing sugars: Comparison of foods with naturally-occurring vs added sugars. *Br J Nutr* 73: 613-623
- Morris KL, Zemel MB (1999): Glycemic index, cardiovascular disease, and obesity. *Nutr Rev* 57: 273-276
- Muir JG, Lu ZX, Young GP, Smith DC, Collier GR, O'Dea K (1994): Resistant starch in the diet increase breath hydrogen and serum acetate in human subject. *Am J Clin Nutr* 61: 792-799

- Mun SH, Shin MS (2000): Quality characteristics of noodle with health-functional enzyme resistant starch. *Korean J Food Sci Technol* 32(2): 328-334
- Nielson PH, Nielson GL (1989): Preprandial blood glucose values: influence on glycemic response studies. *Am J Clin Nutr* 49: 1243-1246
- Nyman M, Siljestrom M, Pedersen B, Bach KE, Asp NG, Johansson CG, Eggum BO (1984): Dietary fiber contents and composition in six cereals at different extraction rates. *Cereal Chem* 61: 14-19
- Oh SH, Shin MS, Choi IS (2002): The effect of resistant starch on physio-nutrition availability in human. *Korean J Nutr* 35(9): 932-942
- Pereira MA, Jacobs Jr, Pins JJ, Raatz SK, Gross MD, Slavin JL, Seaquist ER (2002): Effect of whole grain on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults. *Am J Clin Nutr* 75: 848-855
- Pi-sunyer (2002): Glycemic index and disease. *Am J Clin Nutr* 76(suppl): 274s-280s
- Rickard KA, Cleveland JL, Loghmani ES, Fineberg NS, Freidenberg GR (2001): Similar glycemic responses to high versus moderate sucrose-containing foods in test meals for adolescents with type 1 diabetes and fasting euglycemia. *J Am Dietetic Assoc* 101(10): 1202-1205
- Shin MS (2004): Development and applications of resistant starch. *Food Industry and Nutr* 9(2): 1-9
- Shin M, Song JY, Seib PA (2004): In vitro digestibility of cross-linked starches-RS4. *Starch* 56: 478-483
- Song JY, Lee SK, Shin MS (2000): Effect of RS-3 type resistant starches on breadmaking and quality of white pan bread. *Korean JSoc Food Sic* 16(2): 188-194
- Steyn NP, Mann J, Bennett PH, Temple N, Zimmet P, Tuomilehto J, Lindstorm J, Louheranta A (2004): Diet, nutrition and the prevention of type 2 diabetes. *Public health Nutr* 7(1A): 147-165
- Sugiyama M, Tang AC, Wakaki Y, Koyama W (2003): Glycemic index of single and mixed meal foods among common Japanese foods with white rice as a reference food. *Eur J Clin Nutr* 57: 743-752
- Tuohy KM, Kolida S, Lustenberger AM, Gibson GR (2001): The prebiotic effects of biscuits containing partially hydrolysed guar gum and fructooligosaccharides-a human volunteer study. *Br J Nutr* 86: 341-348
- Wahlqvist ML, Wilmshurst EG, Richardson EN (1978): The effect of chain length on glucose absorption and the related metabolic response. *Am J Clin Nutr* 31: 1998-2001
- Willett W, Manson J, Lui S (2002): Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 Diabetes. *Am J Clin Nutr* 76(suppl): 274s-280s
- Wolever TMS, Jenkins DJA, Jenkins AL, Josse RG (1991): The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr* 54: 846-854
- Wolever TMS, Katzman-Relle L, Jenkins AL, Vuksan V, Josse R, Jenkins DJA (1994): Glycemic index of 102 complex carbohydrate foods in patients with diabetes. *Nutr Res* 14: 651-669
- 이가영 (2002): 비만치료의 쟁점 (Pro & Con)/ 당지수와 비만. *대한비만학회지* 11(1): 49-57
- 월간제과제빵 (2002): 우유식빵. pp. 32-33, 비앤씨월드