

## 레반 Diet 섭취에 의한 한국 여성의 체지방 축적 억제와 혈중 지질의 개선 효과\*

강순아 · 장기효<sup>1)</sup> · 이재철<sup>1)</sup> · 장병일<sup>2)</sup> · 임영애<sup>3)</sup> · 송병춘<sup>4)†</sup>

건국대학교 분자생명공학과, 생명분자정보학센터, 삼척대학교 식품영양학과,<sup>1)</sup> (주) 리얼바이오텍,<sup>2)</sup>  
아주대학교 의과대학,<sup>3)</sup> 건국대학교 생활과학과<sup>4)</sup>

### The Effects of Fructose Polymer Levan on the Body Fat Accumulation and Serum Lipid Profiles of Korean Women

Soon Ah Kang, Ki-Hyo Jang,<sup>1)</sup> Jae-Cheol Lee,<sup>1)</sup>

Byung-Il Chang,<sup>2)</sup> Young Ae Lim,<sup>3)</sup> Byeng Choon Song<sup>4)†</sup>

Department of Molecular Biotechnology, BMIC, Konkuk University, Seoul, Korea

Department of Food & Nutrition,<sup>1)</sup> Samcheok National University, Gangwon, Korea

Real BioTech Co. Ltd,<sup>2)</sup> Chungnam, Korea

Department of Laboratory Medicine, School of Medicine<sup>3)</sup> Ajou University, Suwon, Korea

Department of Human Environmental Sciences,<sup>4)</sup> College of Natural Science, Konkuk University, Chungju, Korea

#### ABSTRACT

This study was performed to investigate the effects of a levan diet on the body fat accumulation and serum lipid composition of 29 Korean women over a period of up to 12 weeks (n = 13 for the control group, n = 16 for the levan group). The subjects ate an uncooked diet (6 g) with 400 ml of tap water twice a day. The mean body weight and height measurements of the subjects (levan group) at the outset were  $66.0 \pm 8.8$  kg and  $156.7 \pm 5.3$  cm, respectively. The subjects showed a significant reduction in weight, body fat mass, anthropometric measurements and skinfold thickness during the experimental period. The waist hip ratio (WHR) was  $0.88 \pm 0.03$  at the outset, and fell to  $0.82 \pm 0.05$  after 4 weeks. The intake of levan was also influenced on the levels of serum Fe, leptin, lipoprotein lipase, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, and triglyceride. The serum glucose levels were within the normal range during the experimental period. The initial serum triglyceride level was 121 mg/dl, but fell to 103 mg/dl after 4 weeks of levan supplementation. The current study demonstrates that a levan diet is effective in controlling weight, body fat, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, and triglyceride levels. (*Korean J Community Nutrition* 8(6) : 986~992, 2003)

KEY WORDS : levan · obesity · BMI · hyperlipidemia · plasma lipids

#### 서론

소득수준의 향상과 동물성 식품소비 위주의 영양섭취, 운

동부족 및 각종 스트레스 등은 한국인들의 건강에 심각한 영향을 주고 있다. 이러한 변화에는 순환기 질환으로 알려진 심장병, 뇌경색 및 동맥경화 등이 포함되며, 이들 질병의 발병비율은 점점 증가되고 있는 추세이다(Moon 등 1992). 따라서, 먹거리에 대한 선택의 다양성과 새로운 기능성에 대한 요구는 기능성 식품의 개발과 이들 제품에 다양한 효능을 첨가시켜 주고 있다. 이러한 소재 중에는 플라탄을 예로 들 수 있는데, 이들은 과당으로 이루어진 중합체로서, 섭취 시에 체내에서 비만예방, 미네랄 흡수촉진 그리고 장내 유산균 생육 촉진 등을 장점으로 내세우고 있다(Kang &

채택일 : 2003년 11월 26일

\*본 연구는 (주) 리얼바이오텍의 연구비 지원으로 수행된 연구결과임.

†Corresponding author: Byeng Choon Song, Department of Human Environmental Sciences, College of Natural Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

Tel: (043) 840-3583, Fax: (043) 840-3585

E-mail: E-mail: bcsong@kku.ac.kr

Jang 2003). 고분자량인 플라탄으로는 이눌린(inulin), 레반(levan), 그리고 일부 식물체에서 발견되는 phlein이 있다(Rhee 등 2002). 이들은 포도당 1분자에 과당이 수십에서 수만개가 연결되어 있으며, 과당 사이에는  $\beta$ -2,1 또는  $\beta$ -2,6로 연결된 구조를 하고 있다. 이눌린의 경우에는 과당의 결합이 주로  $\beta$ -2,1로 연결된 구조를, phlein의 경우에는 주로  $\beta$ -2,6로, 그리고 레반의 경우에는  $\beta$ -2,1와  $\beta$ -2,6의 연결 구조가 함께 나타난다. 플라탄은 과당의 연결 구조와 분자량에 따라, 물리화학적인 성질과 효능이 달라진 뿐만 아니라, 과당의 다른 베타결합 구조는 장내에서의 소화 효소에 의한 작용과 장내미생물에 의한 발효에 영향을 준다. 레반은 찬물에서 매우 다양한 용해도를 가지는 비결정질로서 따뜻한 물에 매우 잘 녹고 알코올에서 녹지 않는 반면, 이눌린은 상온에서는 물과 알코올에서 거의 녹지 않는 특성을 보인다(Han 1990). 레반의  $\beta$ -2,6와  $\beta$ -2,1 결합은 직선형 분자와 측쇄를 함께 가지고 있는 가지형의 구조적 특징을 부여하며 분자량은 수백~수천만에 이른다(Han 1990). 천연적으로 얻어지는 이눌린은 과당이 20~60개 연결된 구조를 하고 있으며, 분자량은 4,000~12,000 정도의 저장 탄수화물로서 양파, 마늘, 바나나, 돼지감자, 치커리, 달리아 등에 함유되어 있다(Loo 등 1999). 레반의 영양적인 효능은 극히 제한된 분야에서 연구되었는데, 레반은 쥐의 체내에서 장내미생물에 의해 분해되어 acetate, butyrate, propionate 등의 단쇄지방산(short-chain fatty acids, SCFA)을 생성하며, lactate의 생성은 대장내 산도를 pH 5 이하로 낮추는 효능을 갖는다(Jang 등 2002). 동물모델을 이용한 선행연구에서는, 레반을 식이로 또는 구강투여로 식이의 1~10% (W/W)로 공급시에 유의하게 혈청지질저하 및 체지방 축적억제 효과(Kang 등 2002; Kang 등 2003)를 확인하였다.

진피, 즉 감귤류는 비타민 C가 풍부한 식품군으로, 과피 내의 hesperidin은 장벽에서의 lipase활성을 낮추어서 지방흡수를 억제하고, 간에서는 HMG-CoA reductase를 억제하여 cholesterol 합성을 억제한다(Colker 1999). Kim & Wang (1997) 등은 동물실험을 통하여, 진피는 혈중 총지질, 총콜레스테롤 수준 저하에 효과적임을 보고하였다. 가르시니아 캄보지아(Garsinia Cambogia)는 hydroxy citric acid의 함량이 30% 이상으로, 체내에서 구연산의 분해를 방해하여 체내 지질대사를 방해하고 글리코겐의 합성으로 전환시켜 에너지로 소모되게 한다(Kim 등 1997). 뽕잎은 무기질, 비타민 등이 풍부하며, flavonoid 성분과 alkaloid 등의 유용성분을 함유하고 있어, 항산화, 항고혈압, 항당뇨, 콜레스테롤 저하 효능이 있다고 보고되었다(Katai 1942;

Kondo 1957). 또한, 동물실험을 통하여 혈청지질 저하 및 체지방 축적 억제 효과(Kim 등 2001)가 보고되어 비만 억제제로서의 가능성이 예상되고 있다.

본 연구에서는, 동물실험을 통하여 확인된 레반의 혈중지질감소 효능을 임상적으로 확인하기 위하여, 레반을 고형으로 제형화하여 체중조절을 위하여 헬스크리닉에 등록된 여성들에게 투여한 후, 여성의 비만도 및 혈중에서의 지질상태에 미치는 영향을 분석하였다.

## 연구조사 대상자 및 방법

### 1. 연구조사 대상자 및 기간

본 연구에서는 정상식을 하는 서울, 경기 지역에 거주하는 여성 29명을 대상으로 하여 당뇨병의 과거력이 없고 간 질환이 없는 사람들을 대상으로 하였으며, 모든 대상자가 수원 헬스크리닉에서 일정한 운동을 하고 있는 대상자를 선택하였다. 실험 기간은 2002년 12월 15일부터 2003년 3월 30일 까지로 이 기간동안 영양교육과 영양상담으로 실험대상자의 영양섭취 실태 조사를 하였고 영양프로그램의 실시를 상담을 통하여 실험에 임하게 하였으며, 실험 diet는 3 g을 1일 2회 즉, 아침, 저녁 2회 공복에 400 ml의 물과 함께 3개월간 보충 시켰다. 실험참여자는 1주일에 한번씩 문진을 통하여 관리하였으며, 혈액채취와 신체계측을 위하여 0, 30, 60, 90일에 해당하는 전날 저녁식사 후에는 섭식을 금하여 최소한 12시간 이상 공복상태를 유지하였으며, 채혈한 시료는 1000 g 에서 10분간 원심분리한 후 혈청을 분리하여 분석할 때까지  $-80^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하였다.

### 2. 실험식이

본 실험에 사용한 식이는 식이섬유인 레반을 주성분으로 (85%) 가르시니아 캄보지아(HCA) (3.9%), 진피추출물분말(고형분 40%) (3.0%), dl-사과산(2.1%), 뽕잎추출물분말(고형분 50%) (1.8%) 등을 포함하였다. 각각의 원료는 수분, 성상, 중금속, 대장균 검사 등의 규격에 적합한지 검사한 후 적합한 원료만을 엄선하여 칭량하여 배합 제조되었으며 현재 영양(식이섬유) 보충용식품으로 허가된(허가번호 경기도 화성시 제 79 호) 제품을 사용하였다. 한편, 대조군에 사용한 식이는 위에서 언급한 식이에서 레반(식이섬유 100%) 성분을 maltodextrin (식이섬유 100%)으로 대체한 제품을 제조하여 사용하였다.

### 3. 신체조성 측정 및 설문조사

비만도 평가는 BMI (body mass index : BMI = 체중(kg)/

신장(m)<sup>2</sup>)를 이용하였고, 비만도 평가를 위하여 허리둘레, 허리둔부의 비(waist hip ratio, WHR), 삼두박근(triceps skinfold)의 피하지방 두께를 측정하였으며, 상완둘레(mid-arm circumference, MAC)를 caliper를 이용하여 3회 반복하여 측정하여 평균값으로 사용하였다. 식이섭취 조사는 24시간 회상법을 이용하였으며, 본인들이 직접 설문지를 기록하도록 하였다. 구체적으로, 음식명과 그에 포함된 식품재료명과 섭취량을 기록하도록 하여 개인별 1일 식품 및 영양소 섭취량을 영양평가프로그램(Can-Pro, Computer Aided Nutritional Analysis Program for Professionals, 한국영양학회 부설 영양정보센터)으로 분석하여 산출하였다. 체지방, 체지방, 체내 수분량은 생체 전기 저항(Bioelectrical impedance analysis : BIA법)을 이용한 체지방 분석기인 MES-MED (MESMED system Co. Ltd.)를 사용하여 측정하였다.

**4. 혈중 지질 분석**

12시간 정도의 공복을 유지하게 한 후 정맥에서 5 ml을 채혈하였다. 혈액내에서 serum을 분리하여 glucose를 측정하였다. Serum 내의 총 콜레스테롤 및 HDL 콜레스테롤, 중성지방의 함량을 Sigma Chemical사(St. Louis, MO)의 Kit를 이용하여 측정하였다. 혈청 leptin 농도는 Linco Leptin Assay Kit (Linco research Immunoassay, St. Charles, MO)를 이용하여 방사선 면역능을 측정하였다. 혈중 lipoprotein lipase 활성측정은 아래와 같이 측정하였다. 기질을 triolein에 lecithin과 glycerol을 가하여 homogenization 하여 만들었으며, 여기에 20% albumin solution (pH 8.1) 과 0.7 M Tris. Hcl buferr (pH 8.1)을 가하여 assay mixture를 만들었다(Son 등 2002). 효소반응은 assay mixture와 혈액을 섞어 37°C에서 1시간 반응 후에 kit를 이용하여 ACS-ACOD 법으로 free fatty acid 활성을 측정하였다. LPL 활성은 세포의 수에 대하여 시간당 생성하는 FFA의 양 ( $\mu$ mole FFA/hrs)으로 표시하였다.

**5. 통계처리**

모든 자료의 분석 결과는 평균과 표준편차(Mean  $\pm$  SD)로 나타내었고, Statistical Analysis System (SAS) program을 이용하여 analysis of variance (ANOVA) 분석을 통해 각 실험 군간의 차이를  $\alpha = 0.05$  수준에서 유의성을 검증하였고, 통계적으로 유의성이 있는 결과는 다시 Duncan's multiple range test를 실시하여 평균값의 차이를 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 신체계측**

연구 참여자들의 일반적인 특성에 대한 조사 결과는 Table 1과 같다. 실험대상으로 선정된 대조군은 40.4세, 평균 신장은 156.8 cm, 평균 체중은 63.1 kg, BMI 평균은 25.7 kg/m<sup>2</sup> 였다. 레반군은 44.4세, 평균 신장은 156.7 cm, 평균 체중은 66.0 kg, BMI 평균은 26.9 kg/m<sup>2</sup> 였다. 실험에 참여한 사람들은 당뇨병의 과거력이 없고 간 질환이 없는 사람들을 대상으로 하였으며, 모든 대상자가 현재 운동을 하고 있었다. 조사 대상자들의 신체적 특성인 평균 신장과 체중은 한국인 성인의 기준치(The Korean Nutrition Society 2000)인 여자 161 cm, 54 kg에 비하여 신장은 약간 작고, 체중은 9.1 kg (대조군)~12.0 kg (레반군) 높았으며, BMI는 양쪽군에서 모두 정상치를 넘는 결과를 보였다. 이러한 결과는 실험에 참여한 대상자들이 체중조절을 위하여

**Table 1.** Anthropometric and general characteristics of subjects

	Control group (n = 13)	Levan group (n = 16)
Age (yr)	40.4 $\pm$ 9.8	44.4 $\pm$ 7.8
Height (cm)	156.8 $\pm$ 3.5	156.7 $\pm$ 5.3
Weight (kg)	63.1 $\pm$ 8.2	66.0 $\pm$ 8.8
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25.7 $\pm$ 3.5	26.9 $\pm$ 3.4
Body fat (%)	36.7 $\pm$ 5.0	37.8 $\pm$ 4.9
Experience of exercise	Yes 100%	Yes 100%

**Table 2.** Changes in skinfold thickness of the subjects during supplementation period

	Control group (n = 13)				Levan group (n = 16)			
	Baseline (0 day)	4 weeks	8 weeks	12 weeks	Baseline (0 day)	4 weeks	8 weeks	12 weeks
Triceps (mm)	24.4 $\pm$ 5.7 <sup>1)</sup>	26.0 $\pm$ 4.7	25.4 $\pm$ 5.2	25.1 $\pm$ 5.3 <sup>N.S.2)</sup>	26.7 $\pm$ 4.5	27.0 $\pm$ 4.6	26.0 $\pm$ 4.9	25.4 $\pm$ 5.2
MAC (cm)	28.5 $\pm$ 3.4	28.7 $\pm$ 3.2	28.0 $\pm$ 3.0	27.5 $\pm$ 2.4	30.2 $\pm$ 2.2	29.6 $\pm$ 2.2	28.6 $\pm$ 2.2	28.4 $\pm$ 2.2
Waist circumference (cm)	86.3 $\pm$ 9.3	81.6 $\pm$ 6.7	82.4 $\pm$ 7.3	81.8 $\pm$ 5.5	89.0 $\pm$ 6.6 <sup>a)</sup>	83.3 $\pm$ 6.9 <sup>ab)</sup>	81.8 $\pm$ 7.3 <sup>b)</sup>	81.2 $\pm$ 5.9 <sup>b)</sup>
Hip circumference (cm)	99.8 $\pm$ 7.1	98.1 $\pm$ 6.8	96.9 $\pm$ 6.9	97.6 $\pm$ 5.9	102.0 $\pm$ 5.2	100.8 $\pm$ 5.4	100.0 $\pm$ 5.6	99.6 $\pm$ 5.3
WHR (waist/hip)	0.86 $\pm$ 0.04	0.83 $\pm$ 0.03	0.85 $\pm$ 0.05	0.84 $\pm$ 0.03	0.88 $\pm$ 0.03 <sup>a)</sup>	0.83 $\pm$ 0.04 <sup>ab)</sup>	0.82 $\pm$ 0.05 <sup>b)</sup>	0.82 $\pm$ 0.05 <sup>b)</sup>

1) Mean  $\pm$  SD

2) N.S.: Not significant difference of group by duncan's multiple range test

3) Values with different alphabet among 4 groups are significantly different at p < 0.05 by duncan's multiple range test

**Table 3.** Changes in weight, body fat (%), and BMI of the subjects during supplementation period

	Control group (n = 13)				Levan group (n = 16)			
	Baseline (0 day)	4 weeks	8 weeks	12 weeks	Baseline (0 day)	4 weeks	8 weeks	12 weeks
Weight (kg)	63.1 ± 8.2 <sup>1)</sup>	63.7 ± 9.0	63.7 ± 8.3	64.0 ± 8.5 <sup>NS2)</sup>	66.0 ± 8.8	65.7 ± 8.7	64.8 ± 8.6	64.6 ± 8.6
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25.7 ± 3.5	25.7 ± 3.7	25.5 ± 3.5	25.8 ± 3.5	26.9 ± 3.4	25.9 ± 3.4	26.0 ± 3.1	26.1 ± 4.0
Body fat (%)	36.7 ± 5.0	35.5 ± 5.8	36.0 ± 4.6	36.2 ± 5.0	37.8 ± 4.9 <sup>o</sup>	35.0 ± 5.6 <sup>ob</sup>	34.7 ± 5.8 <sup>ob</sup>	34.2 ± 6.4 <sup>b</sup>

1) Mean ± SD  
 2) N.S.: Not significant difference of group by duncan's multiple range test  
 3) Values with different alphabet among 4 groups are significantly different at p < 0.05 by duncan's multiple range test

**Table 4.** Changes in serum cholesterol profiles of the subjects during supplementation period

	Control group (n = 13)				Levan group (n = 16)			
	Baseline (0 day)	4 weeks	8 weeks	12 weeks	Baseline (0 day)	4 weeks	8 weeks	12 weeks
Total cholesterol (mg/dl)	188.0 ± 34.5 <sup>1)</sup>	191.3 ± 33.9	189.9 ± 34.6	192.4 ± 29.9 <sup>NS2)</sup>	196.9 ± 27.9	184.3 ± 30.5	185.0 ± 24.3	183.5 ± 20.4
HDL-cholesterol (mg/dl)	55.9 ± 8.3	57.0 ± 8.3	54.0 ± 10.5	57.8 ± 8.7	58.1 ± 15.5	60.4 ± 11.5	60.6 ± 15.5	60.9 ± 14.6
LDL-cholesterol (mg/dl)	117.0 ± 33.5	117.4 ± 32.9	117.6 ± 31.7	117.7 ± 28.7	113.6 ± 21.5	100.3 ± 18.1	102.7 ± 13.0	104.9 ± 16.4
Triglyceride (mg/dl)	99.3 ± 33.2	98.6 ± 25.5	101.0 ± 21.4	96.6 ± 20.8	113.0 ± 32.0 <sup>o</sup>	96.0 ± 29.4 <sup>ob</sup>	98.1 ± 26.3 <sup>ob</sup>	93.7 ± 26.9 <sup>o</sup>

1) Mean ± SD  
 2) N.S.: Not significant difference of group by duncan's multiple range test  
 3) Values with different alphabet among 4 groups are significantly different at p < 0.05 by duncan's multiple range test

체육관에 등록한 사람들을 대상으로 한 까닭으로 여겨진다.

**2. 신체둘레의 변화**

조사 대상자들의 보충 전후에 따른 각 4주별 신체둘레 측정결과는 Table 2와 같다. Triceps과 상완둘레(MAC)는 레반 섭취군에서 감소하는 경향성은 보였으나 유의적인 차이가 없었다. Waist 변화량은 레반군에서는 8.8% 감소(3달 후), 대조군에서는 5.2% 감소로 나타났으며, WHR 변화량은 레반군은 6.8% 감소, 대조군에서는 2.3% 로 유의적인 감소(p < 0.05)를 보였다.

**3. 체중 및 체지방량의 변화**

실험전에 측정된 체지방률은 36.7% (대조군)과 37.8% (레반군)으로 나타났다(Table 3). 체중은 실험 전, 실험 후 1, 2, 3달에서, 레반군에서는 66.0, 65.7, 64.8, 64.6 kg으로 감소하는 결과를 나타내었으며, 같은 기간 동안 대조군에서는 63.1, 63.7, 63.7, 64.0 kg으로 변화하여 저열량식인 레반의 섭취가 체중감소에 도움이 될 수 있음을 보여준다. 비만은 체지방의 축적이라고 정의할 때, 비만도의 감소는 단순히 체중의 감소뿐만 아니라 체지방율의 감소가 동반되어야 한다. 신체 구성성분을 알아보기 위해 측정된 결과는, 레반군에서는 3달 후에, 체지방률은 감소하고(-3.0%), BMI는 9.5% 감소하였다(Table 3). Lee (1997)에 의하면 식이조절 및 운동 처방을 병행하여 보충 4주 후 비만여

성에서 유의적인 차이를 나타낸 것을 고려하면, 레반군에서의 결과는 식이와 운동의 효과가 동시에 나타난 것으로 판단된다. 하지만, 대조군에서도 동일한 운동 처방을 하였으므로 Table 3와 Table 4에서 확인된 양쪽군에서의 신체계측 결과 차이는 레반의 보충에 따른 효능으로 사료된다. 최근의 Lee (2003)에 의하면, 기능성소재를 혼합한 복합다이어트(차전자피, 다시마, 알로에, 글루코만난, 실크웹타이드, 가르시니아 캄보지아, 뽕잎, 진피추출물, prune, raspberry, 녹차잎, 카르니틴, 유산균, 비타민 C)를 하루에 10 g 복용 후에 허리둘레, 체중이 감소하는 결과를 보고하였다. 일반적으로, 연령이 증가할수록 체지방은 주로 몸통에 축적되는 경향이 있으며, 특히 복부, 엉덩이 둘레에 많이 축적한다고 알려져 있다(Krotiewski 1983). 또한, 비만과 관련된 질병들의 경우 체내 총지방 함량보다 지방 분포유형과 더 밀접한 관련성이 있어 신체의 다른 부위보다 특히 신체의 중심부위 지방 축적이 각종 퇴행성 질환의 발병률과 관계가 있다고 한다(Ohlson & Stuardudd 1985). 본 실험에서는 WHR의 정상범위는 0.7~0.8으로 보충전과 보충후에도 정상범위를 벗어나고 있으나, 이는 실험에 참여한 대상자들이 baseline 수치가 너무 높은 것에서 기인하며, 정상인을 대상으로 할 경우에는 허리-엉덩이 둘레비율의 감소로 인한 부분 비만의 해소에 효과적일 것으로 사료된다.

**Table 5.** Changes in serum lipoprotein lipase, iron, leptin, glucose profiles of the subjects during supplementation period

	Control group (n = 13)				Levan group (n = 16)			
	Baseline (0 day)	4 weeks	8 weeks	12 weeks	Baseline (0 day)	4 weeks	8 weeks	12 weeks
Lipoprotein lipase ( $\mu$ mol FFA/hr)	20.5 $\pm$ 15.6 <sup>1)</sup>	19.5 $\pm$ 14.2	18.1 $\pm$ 11.9	20.7 $\pm$ 14.7 <sup>NS2)</sup>	9.4 $\pm$ 7.8	8.4 $\pm$ 8.5	7.7 $\pm$ 6.5	8.1 $\pm$ 6.9
Iron (mg/dl)	111.0 $\pm$ 27.6	93.4 $\pm$ 41.0	101.9 $\pm$ 33.9	117.0 $\pm$ 27.4	120.4 $\pm$ 50.2	114.0 $\pm$ 60.6	131.9 $\pm$ 61.4	127.0 $\pm$ 51.2
Leptin (ng/ml)	11.4 $\pm$ 7.7	10.5 $\pm$ 4.5	11.0 $\pm$ 3.9	11.2 $\pm$ 6.2	11.5 $\pm$ 4.9 <sup>o</sup>	10.0 $\pm$ 3.8 <sup>ob</sup>	9.6 $\pm$ 4.8 <sup>b</sup>	10.1 $\pm$ 4.0 <sup>ob</sup>
Glucose (mg/dl)	70.9 $\pm$ 14.1	86.3 $\pm$ 15.0	76.9 $\pm$ 13.3	88.3 $\pm$ 20.9	74.0 $\pm$ 17.4	85.7 $\pm$ 6.6	89.6 $\pm$ 18.2	87.8 $\pm$ 16.3

1) Mean  $\pm$  SD

2) N.S.: Not significant difference of group by duncan's multiple range test

3) Values with different alphabet among 4 groups are significantly different at p < 0.05 by duncan's multiple range test

#### 4. 혈중 지질 함량

혈중 지질 대사관련 지표들의 생화학적 분석을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 3개월 동안의 레반 투여 후에, 혈중 총 콜레스테롤 함량은 183.5 mg/dl (6.8% 감소), HDL-콜레스테롤은 60.9 mg/dl (4.8% 증가), LDL-콜레스테롤은 104.9 mg/dl (7.7% 감소)으로 변화하였다. 동일한 기간동안, 대조군에서는 혈중 총 콜레스테롤 함량은 2.1% 증가하고, HDL-콜레스테롤은 3.4% 증가하고, LDL-콜레스테롤은 0.6% 증가하였다. 혈중 중성지방(TG)은 레반군이 정상 대조군보다 유의적으로 감소하여, 3개월후에는 레반군에서는 17.1% 감소하는데 비교하여, 대조군에서는 2.7% 감소하여, 레반식이에 따른 중성지방의 감소효과가 나타났다 (Table 4). 이러한 효능은 1개월 동안의 단기간의 레반 투여에 의해서도 관찰되었다.

고지혈증은 콜레스테롤, 중성지방등이 혈중에 고농도로 존재하는 상태로, 중풍, 고혈압, 심장질환 등과 밀접한 관계가 있다. 쥐를 이용한 선행연구에서는, 레반은 혈중 중성지방을 감소시키고, HDL 콜레스테롤 수준을 증가시켜 지질 대사를 개선시키는 효과를 확인하였고(Kang 등 2002), 쥐의 비만세포(피하지방, 내장지방, 복부지방, 부고환지방)의 크기가 유의적으로 감소하여 체지방 축적이 억제되는 것을 확인하였으므로, 레반이 혈청 지질과 체지방의 축적을 예방하는데 효능을 가진 것으로 사료된다. Fructan에 의한 지질 대사 변화는 장내 미생물에 의한 fructan의 발효로 나타나는 단쇄 지방산(short-chain fatty acid, SCFA) 생성의 변화와(Causey 등 2000) 식후 혈중 포도당 증가 억제 및 인슐린의 분비 억제(Daubiou 등 2000; Delzenne 등 1999; Jackson 등 1999)에 기인한 것으로 생각된다. 이들은 지방 합성 효소의 활성화와 유전자 발현을 억제하여 지방산 합성과 지질 생성 능력을 감소시키고(Daubiou 등 2000; Delzenne 등 1999; Kok 등 1998) 중성 지방을 다량 함유한 지단백질의 형성과 분해에 영향을 주어(Daubiou 등 2000; Jackson 등 1999) 혈중 지질을 감소시키는 것으로 생각된다.

다. 또한, 이러한 과정에서 fructan의 발효 부산물이 GIP (glucose-dependent insulinotropic peptide) 또는 GLP (glucagon-like peptide) 등의 장내 gut 호르몬 생성을 조절하는 것으로 알려져 있으며(Delzenne 등 1999), 이들 호르몬은 소장 점막의 내피 세포에서 분비되어 식후 인슐린 분비를 조절하며 지질대사에서 인슐린과 유사하게 작용한다. 그러나 fructan의 gut 호르몬 분비 조절에 대해서는 아직 더 많은 연구가 필요한 상황이다. 선행연구에서는, 레반은 쥐의 체내에서 prebiotics 효능을 나타내어, 체내로 흡수시에 대장에서 유산균을 포함한 제한된 종류의 미생물에서 발효되어, 유해한 미생물이 생존하기 어려운 환경을 제공하여 장내환경을 개선하는 효능이 확인되었다(Jang 등 2002). 본 연구에서 사용된 제품에는 전체중량의 85%의 레반이 포함되어 있어, 제품은 체내에서 발효되어, 이때 생성되는 단쇄지방산이 지방대사를 개선하는 효과를 나타낸다고 생각된다.

#### 5. 혈중 lipoprotein lipase (LPL), 철, 렘틴, 글루코스

지질대사와 관련된 중요 인자인 lipoprotein lipase (LPL), 혈중 Fe, leptin, glucose를 측정하였다(Table 5). LPL은 지방세포에서 합성, 분비되고 모세혈관의 내피세포로 수송된다. LPL은 혈액내에서 chylomicron과 VLDL (very low-density lipoprotein)에 작용하여 IDL (intermediate density lipoprotein), free fatty acid, monoglyceride 등을 생성한다. 이때 생성되는 free fatty acid (FFA)는 심장이나 근육 등에 흡수되어 에너지원으로 이용되지만, 지방조직으로 흡수된 경우에는 지방합성을 위해 사용되므로 지방축적의 지표가 된다(Cruz 등 1992). LPL은 3개월 후에 대조군에서는 변화가 미미하였으며(1% 미만), 레반군에서는 13.8%로 감소하였다. 이러한 결과는 레반의 공급으로 인한 LPL 활성저하와 이로 인한 FFA의 양이 감소됨을 나타낸다. 쥐를 이용한 선행연구에 따르면, guar gum 또는 xylooligo 당의 공급시에 LPL 활성이 감소하며, LPL 활성과 혈중 중성지

방 및 콜레스테롤 농도와는 정의 상관관계를 나타내었다(Deshaies 등 1990; Son 등 2002). 레반군에서 혈중 철의 농도는 증가하였다(Table 5). 레반과 유사한 이눌린의 경우에는 이눌린의 장내발효에 따른 pH의 산성화가 혈중 미네랄의 농도를 높인다(Loo 등 1999)고 하였고, 레반에 의한 효과는 아직 알려져 있지 않지만, 레반에서도 유사한 효능이 있는 것으로 사료된다. 한편, 렙틴의 경우에는 레반군에서 유의적으로 감소되는 결과를 보였다(Table 5). 렙틴의 변화량은 레반 투여에 의하여 비만관련 인자들의 변화를 나타내는 중요한 유전적인 인자로 식이섭취와 섭취기간에 따른 변화를 나타낸다. 본 연구에서는 실험기간동안 렙틴 변화는 계속적으로 일관성있게 나타나, 레반군에서는 렙틴의 양은 13% 감소(1달), 16.5% 감소(2달), 12.2% 감소(3달)로, 감소한 결과를 나타내었으며, 한편, 대조군에서는 7.9% 감소, 3.5% 감소, 1.8% 감소를 나타냈다. 선행 연구에서 6주간 고지방식으로 비만을 유도한 10주령 SD종 수컷 흰쥐에게 식이의 3%, 5% 레반식이를 6주간 공급한 결과, 렙틴의 함량은 농도 의존적으로 변화하는 결과를 보였다(Kang 등 2002). 렙틴농도는 체지방의 양에 비례한다고 알려져 있으므로(Considine 등 1996; Guerre-Millo 등 1997; Havel 등 1996), 본 실험 결과 나타난 레반 식이군에서 혈청 렙틴 농도가 낮게 나타난 것은 레반 섭취에 의하여 체지방 축적이 억제된 결과에 기인하는 것으로 사료된다. 렙틴은 에너지가 과잉 축적될 경우 생성이 증가하여 비만 지표로 사용될 수 있는데(Havel 등 2000) 이러한 관점에서 볼 때 레반 식이군에서 혈청 leptin 농도가 낮은 것은 레반의 비만 개선 효과를 보여주는 지표가 될 수 있다고 하겠다. 혈당은 1차 방문 시 74.0 mg/dl에서 레반 섭취 4주 후 85.7 mg/dl, 8주후 89.6 mg/dl, 12 주후 87.8 mg/dl로 레반 섭취에 따른 혈당치가 실험전과 비교하여 높게 나타났으나, 연구기간에 따른 유의적인 차이가 없이 정상범위에 포함되어 저열량의 식사에도 불구하고 혈당에 변화가 없는 것은 지방조직에 저장되어 있던 중성지방이 분해되면서 당 생성작용을 통한 항상성을 유지하려는 체내 대사작용에 기인한다는 것(Ha & Kim 2003)과 동일한 경향을 보였다.

### 요약 및 결론

본 연구는 과체중 또는 비만 상태에 있는 29명의 여성을 두 군으로 나누어 각각 85% maltodextrin 6 g 제제(대조군, 13명)과 85% 레반 6 g 제제(16명)를 12주간 복용하도록 한 후 체지방율, 혈청지질 성분과 관련된 지표의 개선

에 효과가 있는지를 살펴보았다.

1) 체격은 대조군에 비하여, 12주간 레반을 섭취한 군에서 복부둘레가 감소한 것으로 나타났다.

2) 체중은 대조군이 12주 후에 증가한 반면에, 레반섭취군에서 4, 8, 12주에는 각각 0.1, 1.8, 2.1% 감소하는 결과를 보였다.

3) 체지방율과 BMI는 대조군에 비하여 레반군에서는 3.0% 감소, 9.5% 감소하는 결과를 보였다.

4) 대조군에 비하여 레반군은 혈중 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 중성지방 함량은 각각 6.8% 감소, 4.8% 증가, 7.7% 감소, 17.1% 감소를 나타내어 혈중지질상태가 개선되었다.

5) 혈당은 연구기간 동안 정상수준을 유지하였으며, 렙틴과 LPL 활성은 레반군에서 보충 전에 비해 감소하였다.

결론적으로 레반은 혈청에서 총 콜레스테롤, 중성지방 및 LDL 활성감소를 유도하여 고지혈증을 개선하며, 에너지 대사 개선에 영향을 미쳐 체지방 형성을 억제함으로써 항비만 효과를 나타내는 것으로 사료된다. 이에 식이조절, 식습관조절, 운동조절의 요소가 중시되는 영양프로그램의 중요성이 강조된다.

### 참고 문헌

Causey JL, Feirgat JM, Gallaher DD, Tunland BC, Slavin JL (2000): Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. *Nutr Res* 20(2): 191-200

Colker MC, Kalman DS, Torima GC, Perlis T, Street C (1999): Effects of citrus aurantium extract, caffeine, and St. John's wort on body fat loss, lipid levels, and mood states in overweight healthy adults. *Current Therapeutic Res* 60: 145-153

Considine RV, Sinha MK, Heiman ML, Kriauciunas A, Stephens TW, Nyce MR, Ohannesian JP, Marco CC, Mckee LJ, Bauer TL, Caro JF (1996): Serum immunoreactive-leptin concentrations in normal-weight and obese humans. *New Eng J Med* 334(5): 292-295

Cruz ML, Williamson DH (1992): Refeeding meal-fed rats increase lipoprotein lipase activity and deposition of dietary [<sup>14</sup>C] lipid in white adipose tissue and decrease oxidation to <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>. *Biochem J* 285: 773-778

Daubioul CA, Taper HS, Wispelaere LD, Delzenne NM (2000): Dietary oligo-fructose lessens hepatic steatosis, but does not prevent hypertriglyceridemia in obese Zucker rats. *J Nutr* 130: 1314-1319

Delzenne NM, Kok NN (1999): Biochemical basis of oligofructose-induced hypolipidemia in animal models. *J Nutr* 129(7 suppl): 1467s-1470s

Deshaies Y, Begin F, Savoie L, Vachon C (1990): Attenuation of meal-induced increase in plasma lipids and adipose tissue lipoprotein lipase by guar-gum in rats. *J Nutr* 120: 64-70

Guerre-Millo M (1997): Regulation of ob gene and overexpression in obesity. *Biomed & Pharmacother* 51: 318-323

- Ha TY, Kim NY (2003): The effects of uncooked grains and vegetables with mainly brown rice on weight control and serum components in Korean overweight/obese female. *Kor J Nutr* 36(2): 183-190
- Han YW (1990): Microbial levan. *Adv Appl Microbiol* 35: 171-194
- Havel PJ (2000): Role of adipose tissue in body-weight regulation: mechanisms regulating leptin production and energy balance. *Proc Nutr Soc* 59(3): 359-371
- Havel PJ, Kasim KS, Mueller W, Johnson PR, Gingerich RL, Stern JS (1996): Relationship of plasma leptin to plasma insulin and adiposity in normal weight and overweight women: effects of dietary fat content and sustained weight loss. *J Clin Endo Met* 81(12): 4406-4413
- Jackson KG, Taylor GR, Clohessy AM, Williams CM (1999): The effect of the daily intake of inulin on fasting lipid, insulin and glucose concentration in middle-aged men and women. *Br J Nutr* 82(1): 23-30
- Jang KH, Kang SA, Cho Y, Kim YY, Lee YJ, Hong K, Jang EK, Kim CH, Choue R (2003): The effects of levan and inulin on the growth of lactic acid-producing bacteria and intestinal conditions in rats. *Kor J Nutr* 35(9): 912-918
- Kang SA, Hong KH, Jang KH, Kim SH, Jang EK, Kim CH, Choue R (2002): Effects of low level of levan feeding on serum lipids, adiposity and UCP expression in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(5): 788-795
- Kang SA, Hong KH, Kim SH, Jang KH, Kim CH, Choue R (2003): Effects of dietary levan on adiposity, serum leptin and UCP expression in obese rats fed high fat diet. *Kor J Nutr* 35(9): 903-911
- Kang SA, Jang KH (2003): Research and market trends in levan. *Food Sci and Ind* 36(2): 85-91
- Katai K (1942): Trace components in mulberry leaves. *J Chem Soc Jpn* 18: 379-383
- Kim JH, Wang SG (1997): Effects of mugwort, dried orange peel and duchung on lipid metabolism in hyperlipidemia rats. *Kor J Nutr* 30: 895-903
- Kim SK, Kim SY, Kim HJ, Kim AJ (2001): The effect of mulberry leaf extract on the body fat accumulation in obese fa/fa male zucker rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 516-520
- Kok NN, Roverfroid M, Delzenne N (1996): Dietary oligofructose modifies the impact of fructose on hepatic triacylglycerol metabolism. *Metabolism* 45(12): 1547-1550
- Kok NN, Taper HS, Delzenne NM (1998): Oligofructose modulates lipid metabolism alterations induced -by a fat-rich in rats. *J Appl Toxicol* 18(1): 47-53
- Kondo Y (1957): Trace constituents of mulberry leaves. *Nippon Sanshigaku Zasshi* 26: 349-353
- Krotiewski M (1983): Impact of obesity on metabolism in men and women: Importance of regional adipose tissue distribution. *J Clin Invest* 72: 1150-1162
- Lee HY (1997): A study on effects of aloe added diet control program S-28 on obese women. *J Korean Soc Study Obesity* 6: 75-84
- Lee SH, Cho JM, Lee MS, Cho BN, Jew SS, Cho YH, Kim KT, Jin DK, Rho SN (2003): The effects of programmed dietary system of a mixture of natural supplements on the composition, serum lipids and the leptin levels. *Kor J Comm Nutr* 8: 356-367
- Loo JV, Cummings J, Delzenne N, Englyst D, Quigley M, Roberfroid M, van Vliet T, van den Heuvel IE (1999): Functional food properties of non-digestible oligosaccharides: a consensus report from the ENDO project (DGXII AIRII-CT94-1095). *Br J Nutr* 81: 121-132
- Moon HN, Hong SJ, Suh SJ (1992): The prevalence of obesity in children and adolescents. *Kor J Nutr* 25: 413-418
- Ohlson LD, Stuardudd Lk (1985): The influence of body fat distribution on the incidence of diabetes mellitus. *Diabetes* 34: 1055-1058
- Rhee SK, Song KB, Kim CH, Park BS, Jang EK, Jang KH (2002): Biopolymers. Vol. 5. Polysaccharides I. "Levan". pp 351-377 Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany
- Son HH, Park MR, Rhee SJ (2002): Effects of dietary xylooligosaccharides on lipoprotein lipase activity in epididymal adipose tissue and lipid composition in serum of rats fed high fat diets. *Kor J Nutr* 35(10): 1023-1030